



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

TLAKOVÉ ZTRÁTY V OTOPNÝCH SOUSTAVÁCH

PRESSURE LOSSES IN HEATING SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Švanda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Martin Švanda
Název	Tlakové ztráty v otopných soustavách
Vedoucí práce	Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb.

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující dílčí část zadané problematiky.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá tlakovými ztrátami v otopných soustavách. Práce je členěna do tří částí. První část je teoretická a zabývá se vznikem tlakových ztrát. Pojednává o vlastnostech kapaliny, které mají vliv na tlakové ztráty. Dále se zabývá hydrodynamickými jevy, rozdělením proudů, rozdělením tlakových ztrát a jejími výpočty. Ve druhé části, která je praktická, bylo cílem vytvořit projekt vytápění pro vybraný objekt. Objektem je dvoupodlažní mateřská škola nacházející se ve Velkých Němčicích. Byly vytvořeny 2 varianty vytápění. V první variantě byla navržena otopná tělesa a otopné lavice. Ve druhé variantě se do objektu instalovalo podlahové vytápění. Cílem bylo, aby k vytápění byl využitý zdroj, který bude čerpat převážně z obnovitelných zdrojů, proto jako zdroj výroby tepla bylo vybráno tepelné čerpadlo vzduch/voda. Projekt je zakončený technickou zprávou. Poslední, a to třetí část je věnována experimentu, jehož účelem bylo zjistit, jak se mění tlakové ztráty spojovacích kusů se změnou podmínek otopné vody (průtok, teplota). Zároveň byla vytvořena 2 potrubí, která se lišila typem spojovacích kusů a bylo možné porovnat, jak se mezi sebou liší jejich tlakové ztráty. Obě potrubí byla spojována radiálním lisováním, ale fitinky se lišily kvalitou mosazi, a tudíž i konstrukcí. Součástí experimentální části diplomové práce je také popis průběhu radiálního lisování fitinek od firmy Herz.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with pressure losses in heating systems. The diploma thesis is divided into three sections. The first part is theoretical and deals with the occurrence of pressure losses. It discusses the properties of the fluid that affect pressure losses. It also deals with hydrodynamic phenomena, flow distribution, pressure loss distribution and its calculations. The aim of the second part, which is practical, was to create a heating project for a selected object. The object is a two-floor kindergarten building located in Velké Němčice. For this project, two heating variants were created. For the first variant, radiators and heating benches were designed and for the second variant, underfloor heating was installed in the building. The goal was to use a source which will gain heat mainly from renewable sources, so the air / water heat pump was chosen as the source of heat production. The project ends with a technical report. The third part of the thesis is dedicated to an experiment which purpose was to find out how the pressure losses of the connecting pieces are reacting to the change with the change of the heating water conditions (flow, temperature). Alongside, two pipes were created which differed in the type of connecting pieces so it allowed to compare how their pressure losses differ. Both pipes were connected by radial pressing, but the fittings differed in the

quality of the brass, and therefore in the construction. Also, part of the experimental section of the diploma thesis is a description of the course of radial pressing of fittings from the Herz company.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tlaková ztráta, fitinky, spojovací kusy, lisování, součinitel místních odporů, tlaková ztráta třením, tlaková ztráta místními odpory, Reynoldsovo číslo, laminární proudění, turbulentní proudění, průtokový součinitel, mateřská škola, otopná soustava, tepelné ztráty, příprava teplé vody, zpětné získávání tepla, regulace, tepelné čerpadlo, otopné těleso, podlahové vytápění, armatury v otopné soustavě, akumulční nádoba, NZEB.

KEY WORDS

Pressure losses, fittings, connecting pieces, pressing, local resistance coefficient, friction loss, local resistance pressure loss, Reynolds number, laminar flow, turbulent flow, flow coefficient, kindergarten, heating system, heat loss, water heating, heat recovery ventilation, regulation, heat pump, heating element, underfloor heating, valves in heating systems, storage reservoir, NZEB.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Martin Švanda *Tlakové ztráty v otopných soustavách*. Brno, 2021. 254 s., 55 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Tlakové ztráty v otopných soustavách* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Martin Švanda
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Tlakové ztráty v otopných soustavách* zpracoval(a) samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Martin Švanda
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych především poděkovat Ing. Marcele Počinkové Ph.D. za čas, který mi věnovala, za její cenné rady, které mi pomohly řešit zapeklité situace v práci a za její ochotu. Velké díky patří také mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali po celou dobu studií.

ÚVOD.....	16
A. TEORETICKÁ ČÁST – VZNIK TLAKOVÝCH ZTRÁT.....	17
1 ÚVOD	18
1.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI KAPALIN	18
1.1.1 MĚRNÁ HMOTNOST (HUSTOTA).....	18
1.1.2 MĚRNÝ OBJEM.....	19
1.1.3 MĚRNÁ TÍHA	19
1.1.4 ROZTAŽNOST KAPALIN	19
1.1.5 STLAČITELNOST KAPALIN	20
1.1.6 VISKOZITA (VAZKOST).....	20
1.1.7 POVRCHOVÉ NAPĚTÍ KAPALIN	21
1.1.8 KAPILÁRNÍ JEVY	21
1.1.9 IDEÁLNÍ KAPALINA.....	22
1.2 HYDRODYNAMIKA.....	22
1.2.1 PROUDĚNÍ VODY V POTRUBÍ	23
1.2.2 DYNAMICKÝ TLAK	28
1.2.3 HYDROSTATICKÝ TLAK	28
1.3 ZTRÁTY.....	29
1.3.1 REYNOLDSOVO ČÍSLO, LAMÍNÁRNÍ PROUDĚNÍ A TURBULENTNÍ PROUDĚNÍ 29	
1.3.2 ZTRÁTY TŘENÍM	32
1.3.3 MÍSTNÍ ZTRÁTY.....	36
2 ZÁVĚR.....	44
B. PRAKTICKÁ ČÁST – VYTÁPĚNÍ MATEŘSKÉ ŠKOLY.....	45
1 ANALÝZA OBJEKTU	46
2 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU	48
2.1 KLIMATICKÉ ÚDAJE.....	48
2.2 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ	48
2.2.1 VÝPOČET SVISLÝCH A VODOROVNÝCH KONSTRUKCÍ	48
2.2.2 SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA VÝPLŇOVÝMI KONSTRUKCEMI	53
2.2.3 POSOUZENÍ KONSTRUKCÍ	56
2.3 CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VYTÁPĚNÉHO PROSTORU	58
2.3.1 ČÍSELNÝ VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	64

3	POSOUZENÍ BUDOVY NZEB	66
3.1	POSOUZENÍ PRVNÍHO KRITÉRIA.....	66
3.2	VÝPOČET PRŮMĚRNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA OBÁLKY BUDOVY....	67
4	VARIANTA 1 – NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES	70
4.1	VÝPOČET TEPELNÉHO SPÁDU TEPLONOSNÉ LÁTKY PRO OTOPNÁ TĚLESA	70
4.2	PŘEPOČET VÝKONU OTOPNÉHO TĚLESA.....	71
4.3	SKUTEČNÝ VÝKON OTOPNÉHO TĚLESA	73
4.4	PŘEHLED NAVRŽENÝCH OTOPNÝCH TĚLES.....	74
	75
4.4.1	DETAILY NÁVRHU OTOPNÝCH TĚLES	76
4.5	TYPY POUŽITÝCH OTOPNÝCH TĚLES	77
4.5.1	TECHNICKÝ LIST DESKOVÝCH OTOPNÝCH TĚLES RADIK VKM8.....	77
4.5.2	TECHNICKÝ LIST TRUBKOVÝCH OTOPNÝCH TĚLES KORALUX LINEAR MAX-M. 80	
4.5.3	TECHNICKÝ LIST LAVICOVÝCH KONVEKTORŮ S OTOPNOU DESKOU KORALINE LD.....	82
4.6	REGULOVÁNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY	83
4.6.1	KOMPENZACE DÉLKOVÝCH ZMĚN.....	83
4.6.2	DIMENZOVÁNÍ OTOPNÝCH TĚLES	87
5	VARIANTA 2 - NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	89
5.1	VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ:.....	89
5.2	DIMENZOVÁNÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	91
5.3	NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	93
5.3.1	SKLADBY PODLAH.....	93
5.3.2	VÝPOČET VÝKONU A PŘÍKONU PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	95
5.3.3	PŘÍDAVNÁ OTOPNÁ TĚLESA	98
5.3.4	TYPY POUŽITÝCH OTOPNÝCH TĚLES.....	99
6	NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY	101
6.1	NÁVRH PŘÍPRAVY TV – VARIANTA 1	101
6.1.1	ČÍSELNÝ VÝPOČET	102
6.1.2	ZÁVĚR	104
6.2	NÁVRH PŘÍPRAVY TV – VARIANTA 2	105
6.3	ZÁVĚR.....	107

6.4	TECHNICKÉ LISTY ZAŘÍZENÍ	108
7	NÁVRH VÝKONU PRO VZDUCHOTECHNIKU	109
7.1	OHŘEV VENKONVNÍHO VZDUCHU	109
7.2	NÁVRH OHŘÍVAČE PRO JEDNOTKU ZZT	109
7.3	TECHNICKÝ LIST VODNÍHO OHŘÍVAČE VBR 100-50-2	111
8	DIMENZOVÁNÍ, HYDRAULICE SEŘÍZENÍ A REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY	112
8.1	NÁVRH DIMENZE A REGULACE OTOPNÉ VĚTVE – VARIANTA 1	112
8.1.1	PRVNÍ PATRO.....	112
8.1.2	DRUHÉ PATRO.....	115
8.2	REGULACE OTOPNÉ VĚTVĚ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ – VARIANTA 2.....	119
8.2.1	PRVNÍ PATRO.....	119
8.2.2	DRUHÉ PATRO.....	120
8.3	NÁVRH DIMENZE A REGULACE VĚTVE OHŘEVU TV	121
8.3.1	VARIANTA 1.....	121
8.3.2	VARIANTA 2.....	121
8.4	NÁVRH DIMENZE A REGULACE VĚTVE PRO OHŘÍVAČ VZT.....	122
8.4.1	REGULACE A NÁVRH DIMENZE POTRUBÍ PO ZKRAT	122
8.4.2	REGULACE A NÁVRH DIMENZE POTRUBÍ PRO OKRUH OHŘÍVAČE	122
8.5	NÁVRH DIMENZE A REGULACE VĚTVE MEZI ROZDĚLOAČEM A SBĚRAČEM A AKUMULAČNÍ NÁDOBOU	122
8.5.1	VARIANTA 1.....	122
8.5.2	VARIANTA 2.....	122
8.6	NÁVRH DIMENZE A REGULACE VĚTVE MEZI AKUMULAČNÍ NÁDOBOU A ZDROJEM TEPLA 123	
8.6.1	VARIANTA 1.....	123
8.6.2	VARIANTA 2.....	123
8.7	TECHNICKÉ LISTY ARMATUR.....	124
8.8	NÁVRH TROJCESTNÝCH VENTILŮ VENTILŮ.....	145
8.8.1	TROJCESTNÝ VENTIL PRO OTOPNOU VĚTEV 1. A 2. PODLAŽÍ – VARIANTA 1 145	
8.8.2	TROJCESTNÝ VENTIL PRO VĚTEV PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ V 1. A 2. PODLAŽÍ – VARIANTA 2.....	145
8.8.3	TROJCESTNÝ VENTIL PRO PŘÍPRAVU TV A OHŘÍVAČ VZT	146

9	NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL.....	147
9.1	VARIANTA 1	147
9.2	VARIANTA 2	147
10	NÁVRH ZDROJE TEPLA	161
10.1	PŘÍPOJNÝ VÝKON.....	161
10.2	NÁVRH ZDROJE A URČENÍ BODU BIVALENCE – VARIANTA 1	162
10.3	NÁVRH ZDROJE A URČENÍ BODU BIVALENCE – VARIANTA 2	163
10.4	NÁVRH BIVALETNÍHO ZDROJE	163
10.5	TEPLOTNÍ SPÁD TČ.....	163
10.5.1	VARIANTA 1	164
10.5.2	VARIANTA 2.....	164
10.6	TECHNICKÉ LISTY VÝROBKŮ	165
11	NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDRŽE.....	168
11.1	NABÍJENÍ AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	169
12	NÁVRH ROZDĚLOVAČE A SBĚRAČE	170
13	NÁVRH ZABEZPĚČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ	171
13.1	NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY	171
13.1.1	VARIANTA 1	171
13.1.2	VARIANTA 2.....	174
13.1.3	ZÁVĚR	175
13.1.4	TECHNICKÝ LIST TLAKOVÉ EXPANZNÍ NÁDOBY PRO TOPNÉ SYSTÉMY – REFLEX NG,N	176
13.2	NÁVRH POJISTNÝCH VENTILŮ.....	177
13.2.1	POJISTNÝ VENTIL PRO OTOPNOU SOUSTAVU	177
13.2.2	VARIANTA 1	177
13.2.3	VARIANTA 2.....	177
13.2.4	TECHNICKÝ LIST POJISTNÉHO VENTILU PRO TOPENÍ IVAR.PV.KD.....	178
14	VÝPOČET POTŘEBY TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ, OHŘEV TEPLÉ VODY A ZZT	179
15	NÁVRH TEPELNÉ IZOLACE POTRUBÍ	182
16	TECHNICKÁ ZPRÁVA	184
16.1	ÚVOD	184
16.1.1	UMÍSTĚNÍ A POPIS OBJEKTU.....	184
16.1.2	POPIS OBJEKTU	184

16.1.3	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ OBJEKTU	184
16.1.4	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ PROJEKTU	184
16.1.5	ROZSAH PROJEKTU	185
16.2	TEPELNÉ ZTRÁTY A SPOTŘEBA TEPLA	185
16.2.1	KLIMATICKÉ PODMÍNKY MÍSTA STAVBY A PROVOZNÍ PODMÍNKY	185
16.2.2	VNITŘNÍ TEPLoty	186
16.2.3	PŘEHLED TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ KONSTRUKCÍ	186
16.2.4	TEPELNÉ ZTRÁTY BUDOVY	186
16.2.5	POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ, VZT A OHŘEV TV.....	186
16.3	ZDROJ TEPLA.....	187
16.3.1	VÝKON PRO ZDROJ TEPLA	187
16.3.2	TEPELNÁ ČERPADLA	187
16.3.3	PROVOZ TEPELNÝCH ČERPADEL.....	188
16.3.4	OTOPNÁ SOUSTAVA	188
16.3.5	OTOPNÉ PLOCHY	190
16.3.6	PLNĚNÍ A VYPOUŠTĚNÍ SOUSTAVY	192
16.3.7	TEPELNÉ IZOALCE	192
16.3.8	REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY.....	193
16.4	POŽADAVKY NA DALŠÍ PROFESE	193
16.4.1	STAVEBNÍ PRÁCE.....	193
16.4.2	ELEKTROINSTALACE	193
16.4.3	ZDRAVOTECHNIKA.....	193
16.4.4	VZDUCHOTECHNIKA	194
16.4.5	MĚŘENÍ A REGULACE	194
16.5	ZKOUŠKY A ZAŘÍZENÍ.....	194
16.6	BEZPEČNOST A OCHRANA	196
16.6.1	OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	196
16.6.2	HOSPODAŘENÍ S ODPADY.....	196
16.6.3	BEZPEČNOST PŘI REALIZACI DÍLA	196
16.6.4	BEZPEČNOST PŘI PROVOZU A UŽÍVÁNÍ.....	197
16.7	POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY	197
16.8	ZÁVĚR.....	197

C. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – TLAKOVÉ ZTRÁTY LISOVANÝCH FITINEK	198
1 ÚVOD DO EXPERIMENTU	199
1.1 SYSTÉM LISOVÁNÍ.....	199
1.1.1 POTRUBÍ.....	199
1.1.2 POMŮCKY PRO PŘÍPRAVU A ZALISOVÁNÍ TVAROVKY	200
1.1.3 KOMPLETNÍ POSTUP ZALISOVÁNÍ	203
1.2 MÍSTO A PODMÍNKY MĚŘENÍ.....	204
1.3 POPIS MĚŘICÍHO OKRUHU A POSTUP MĚŘENÍ.....	204
1.3.1 SCHÉMA ZAPOJENÍ POTRUBÍ:.....	205
1.3.2 POSTUP MĚŘENÍ	206
1.3.3 FOTODOKUMENTACE POMŮCEK PŘI MĚŘENÍ	207
1.3.4 POUŽITÉ VZTAHY A VELIČINY	210
1.4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH ZPRACOVÁNÍ.....	211
1.4.1 ŠEDÉ POTRUBÍ.....	211
1.4.2 MODRÉ POTRUBÍ	217
1.4.3 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ PRO JEDNOTLIVÁ POTRUBÍ	223
1.4.4 VÝPOČTY POROVNÁVJÍCÍ OBA TYPY FITINEK.....	227
1.4.5 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ	233
1.5 ZAVĚR EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI	234
ZÁVĚR.....	236
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	239
POUŽITÉ ZKRATKY.....	245
SEZNAM OBÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....	249
PŘÍLOHY.....	254

ÚVOD

Téma této diplomové práce jsou tlakové ztráty v otopných soustavách a skládá se ze tří částí. První část je teoretická, kde jsou popsány základní veličiny a vlastnosti, které se podílí na tlakových ztrátách. Začíná vlastnostmi kapalin, poté přechází v hydrodynamické a hydrostatické jevy, až se postupně dostane k tlakovým ztrátám. Součástí je i Reynoldsovo číslo, podle kterého se určuje, zda je proud laminární či turbulentní. A závěrem této teoretické části jsou tlakové ztráty popsány podrobněji a rozděleny podle jednotlivých možností vzniku.

V druhé části je řešeno vytápění vybrané budovy. Budovou je dvoupatrová mateřská škola se třemi třídami, která se nachází ve Velkých Němčicích. Jsou zde uvedeny výpočtové postupy, které byly použity pro finální návrh. Mezi výpočty se řadí výpočet součinitelů prostupu tepla, podrobný výpočet tepelných ztrát, návrh otopných ploch, návrh zdroje tepla, návrh ohřívače vzduchu, návrh přípravy teplé vody, návrh pojistného ventilu a expanzní nádoby, návrh rozvodů potrubí včetně jejich izolací, návrh dalších zařízení otopné soustavy, výpočet potřeby tepla a např. zhodnocení kritéria pro NZEB. Při návrhu otopných ploch byly navrženy 2 variantní řešení. Prvním řešením jsou otopná tělesa v kombinaci s otopnými lavicemi a jako druhé řešení je v objektu navrženo podlahové vytápění. Na závěr této části je vytvořena technická zpráva. Projekt byl zpracován jako dokumentace pro stavební povolení.

Třetí část je věnována experimentálnímu měření, které bylo realizováno v laboratoři FAST na ústavu TZB. Zde byly měřeny tlakové ztráty na dvou shodných okruzích, které se lišily typem spojovacích kusů. U obou typů se jedná o fitinky, které jsou spojovány radiálním lisováním, ale liší se kvalitou použité mosazi. Tudíž vyhodnocení se týká porovnání obou typů fitinek, což bylo hlavním cílem experimentu. Je zde popsáno, jak se postupuje při lisování spojovacích kusů. Jsou zde zároveň porovnání mezi tlakovými ztrátami třením a tlakovými ztrátami fitinek či výpočet průměrného součinitele místního odporu pro různé rychlosti a teploty nebo přepočty hodnot na rychlosti, které jsou ve vytápění používány.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

A. TEORETICKÁ ČÁST – VZNIK TLAKOVÝCH ZTRÁT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Švanda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

1 ÚVOD

V teoretické části jsem se zaměřil komplexně, jak vznikají tlakové ztráty v otopných soustavách. Protože výpočet tlakových ztrát a následné vyregulování systému je základní kámen toho, aby systém fungoval, tak jak má.

Proto jsem začal úplně od začátku, a to tedy s definicí kapalin a jejich vlastnostmi. Poté se snažil popsat základní pravidla hydrodynamiky a hydrostatiky, které jsou velmi úzce spjaté se vznikem tlakových ztrát. A kapitolu jsem uzavřel popisem jednotlivých druhů tlakových ztrát, které nám v otopných (i neotopných) vznikají a mají nemalý vliv na náš návrh.

1.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI KAPALIN

Vlastnosti kapalin, které jsou důležité z hlediska hydrauliky budou popsány níže.

1.1.1 MĚRNÁ HMOTNOST (HUSTOTA)

Hustota kapaliny ρ [kg/m^3] je definována podle následujícího vzorce.

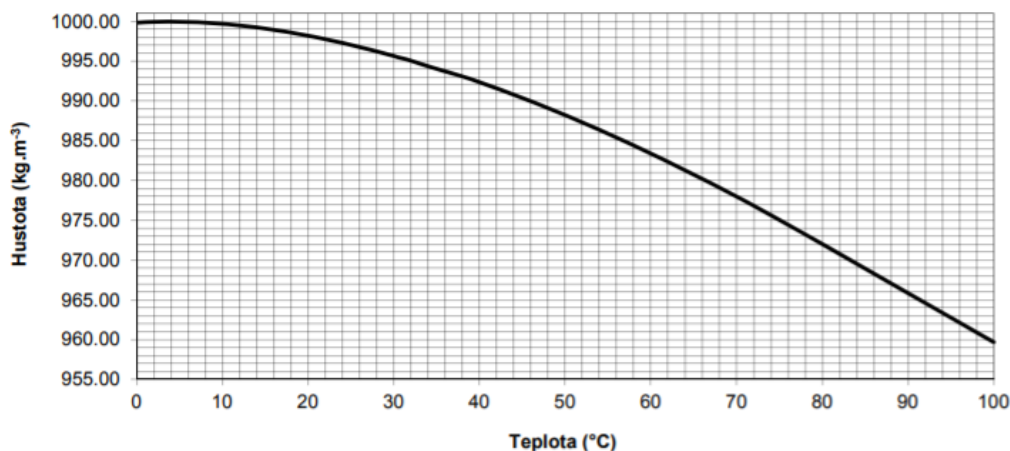
$$\rho = \frac{m}{V}$$

kde:

m je celková hmotnost [kg];

V objem [m^3].

Typickou vlastností vody je, že se zvětšující teplotou se její hustota zmenšuje. Výjimku však můžeme vidět při teplotě vody od 0 °C do 4 °C, kdy se smršťuje. Tento úkaz je považován za jednu z anomálií vody. Od 4 °C se voda teprve začne rozpínat a tím zmenšovat hodnotu hustoty.



Obrázek 1 - Vliv teploty na hustotu vody [1]

V grafickém znázornění můžeme vidět závislost, která je však platná pouze při konstantním tlaku. Změny hustoty, které se případně vyskytnou, se projeví stlačitelností. Pro technické výpočty se většinou uvažuje s hustotou vody $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. [1]

1.1.2 MĚRNÝ OBJEM

Měrný objem v [m^3/kg] se může definovat jako objem, který připadá na jednotku hmotnosti. Jedná se o převrácenou hodnotu hustoty. [1]

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$$

1.1.3 MĚRNÁ TÍHA

Měrná tíha γ [N/m^3] je definovaná jako tíha objemové jednotky kapaliny.

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{m \cdot g}{V}$$

Měrná tíha je závislá na konkrétní hodnotě tíhového zrychlení, která se mění se zeměpisnou polohou. Proto je vhodnější používat veličinu hustoty, která není závislá na zeměpisné poloze. Zaokrouhlená hodnota, která je používána pro tíhové zrychlení je $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Měrná tíha a měrná hmotnost jsou závislé na tlaku a teplotě. Při hydraulických výpočtech však můžeme tuto závislost vynechat, protože rozmezí teplot, které se ve výpočtech používají nejsou příliš velká. A taktéž i stlačitelnost vody při běžných tlacích je malá. Tudíž je možné počítat s hodnotami $\rho_{\text{vody}} = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\gamma_{\text{vody}} = 9810 \text{ N/m}^3$. [1]

1.1.4 ROZTAŽNOST KAPALIN

Pevná tělesa mění svůj objem se změnou teploty, a to samé platí pro kapaliny. Objemová roztažnost kapalin je definovaná jako poměr zvětšeného objemu kapaliny k počátečnímu objemu při změně teploty o $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Změnu objemu lze vyjádřit podle následujícího vztahu.

$$V = V_0 \cdot (1 + \beta_t)$$

kde:

t je teplota [$^\circ\text{C}$];

V_0 objem při $0 \text{ }^\circ\text{C}$ [m^3];

β objemová roztažnost.

V inženýrské praxi se za obvyklých podmínek setkáváme se změnami teplot a objemů, které můžeme při hydraulických výpočtech zanedbat. [1]

1.1.5 STLAČITELNOST KAPALIN

Stlačitelnost kapalin je definována jako schopnost kapaliny měnit svůj objem se změnou tlaku. Stlačitelnost kapalin je vyjádřena pomocí objemové stlačitelnosti δ . Objemová stlačitelnost je definována jako hodnota, o kterou se zmenší jednotka kapaliny při zvětšení tlaku o 1 Pa.

$$dV = -\delta V dp$$

Z tohoto vztahu získáme vztah pro objemovou stlačitelnost δ [Pa^{-1}].

$$\delta = -\frac{1}{V} \left(\frac{dV}{dP} \right)_{T=\text{konst}} = \frac{\Delta V}{V \Delta p}$$

kde:

$\Delta V = V_0 - V$ je změna objemu kapaliny připadající na jednotku objemu V při změně tlaku $\Delta p = p_0 - p$.

V_0 a p_0 hodnoty objemu a tlaku kapaliny po stlačení.

Často je také používán modul objemové pružnosti K [Pa], který je převrácenou hodnotou pro objemovou stlačitelnost.

$$K = \frac{1}{\delta}$$

Tato vlastnost kapaliny je závislá na tlaku a teplotě. Pro teplotu 0°C je hodnota modulu objemové roztažnosti $K = 1869\text{--}2011$ MPa. Pro 20°C je $K = 2001\text{--}2237$ MPa. [1]

1.1.6 VISKOZITA (VAZKOST)

Jedná se o fyzikální vlastnost, které se projeví pouze při proudění skutečné kapaliny, kdy se projevují síly vnitřního tření. Pomocí tekutosti, teploty a druhu kapaliny můžeme definovat míru vnitřního tření. Dynamickou viskozitu lze vyjádřit pomocí Newtonova zákona o vnitřním tření kapaliny.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

kde:

τ je tečné napětí [Pa];

μ dynamická viskozita [Pa.s];

du/dy gradient rychlosti [s⁻¹].

V hydraulice je však nejčastěji využívána kinematická viskozita ν [m²/s], která je definována poměrem mezi dynamickou viskozitou μ a hustotou ρ . [1] [8]

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

1.1.7 POVRCHOVÉ NAPĚTÍ KAPALIN

Povrchové napětí kapalin σ [N/m] vzniká na rozhraní dvou nemísitelných kapalin nebo mezi kapalinou a plynným prostředím. Toto rozhraní je definováno tímto vztahem. [1]

$$\sigma = \frac{F_p}{l}$$

kde:

F_p je celkový účinek povrchových sil mezi molekulami kapalně a jiné látky;

l délka rozhraní.

1.1.8 KAPILÁRNÍ JEVY

Kapilární jevy jsou způsobené díky výše popsanému povrchovému napětí kapalin. Tyto jevy se dějí u úzkých trubiček, a to ve dvou možných situacích. První možností je, že adhezní síly jsou větší než kohézní, a kapalina tím vystoupá v trubičce či kapiláře do výšky h . Tento jev se nazývá kapilární elevace. Druhou možností je, že adhezní síly jsou menší než kohezní a tím kapalina zůstane v kapiláře o výšce h níže, než je hladina okolní kapaliny. Takto je nazývána kapilární deprese a tento jev můžeme vidět například u rtuti. Hodnotu kapilární výšky lze určit pomocí podmínky rovnováhy mezi povrchovými a gravitačními silami.

$$\pi d \sigma \cos \varphi = \frac{\pi}{4} d^2 h \rho g$$

kde:

σ je povrchové napětí;

φ úhel smáčení;

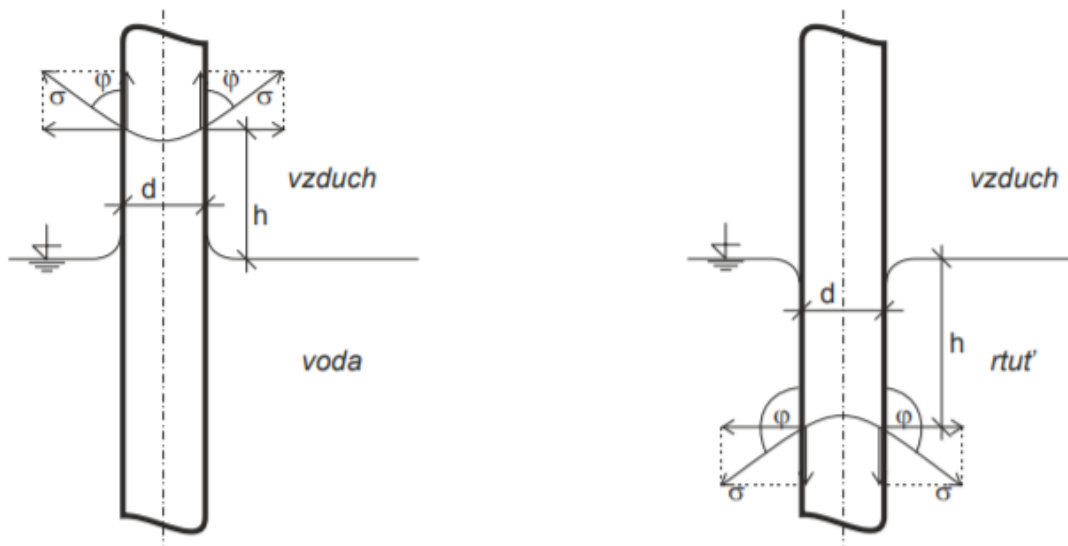
d průměr kapiláry;

ρ hustota kapaliny.

Z výše uvedeného vzorce, který je odvozen z podmínky rovnováhy umíme vyjádřit výšku h . A jestliže úhel $\varphi = 0$, což nastává v situaci, kdy meniskus se blíží svým tvarem

polokouli (destilovaná voda a čisté, nemastné sklo), tak se vztah může popsat následujícím způsobem. [1] [7]

$$h = \frac{4\sigma}{\rho g d}$$



Obrázek 2 - Kapilární elevace (vlevo) vody a kapilární deprese rtuti (vpravo) [1]

1.1.9 IDEÁLNÍ KAPALINA

Jedná se o kapalinu, ve které nevznikají žádné třecí síly během proudění, protože má nulovou viskozitu. V ideální kapalině se taktéž nemohou hromadit částice, protože je současně dokonale nestlačitelná. Pro skutečnou kapalinu je nutné ve výpočtech zavádět opravné součinitele, abychom dostali správné výsledky. Protože částice v reálné kapalině na sebe působí přitažlivými a odpuzivými silami, a tím dochází k vnitřnímu tření a různým vzájemným vzdálenostem od sebe. [9]

1.2 HYDRODYNAMIKA

Hydrodynamika je nauka o kapalinách, které jsou v pohybu. Zabývá se tedy prouděním kapalin. Proudění kapaliny je určeno, známe-li v každém bodě proudu tlak a rychlost.

Tlak [Pa]

Tlak vytváří hydrostatickou složku z celkového tlaku, který proudí v kapalině. Do něho však není zahrnutý atmosférický tlak.

Rychlost [m/s]

Používáme zde rychlost v určitém bodě, která se nazývá místní. V praktických příkladech se poté uvažuje se střední rychlostí průřezu, která je kolmá k průřezu.

Průtok [m³/h]

Jedná se o objemové množství, které projde průřezem za časovou jednotku:

$$Q = S \cdot v$$

Rozdělení proudění podle vedení proudu

- proudění o volné hladině
- tlakové proudění
- proudění v paprscích

Rozdělení proudění podle závislosti na čase

- neustálené proudění
- ustálené proudění

Neustálené proudění

Neboli také nestacionární či nepermanentní znamená, že základní veličiny jsou funkcí polohy a času.

Ustálené proudění

Nebo-li také stacionární či permanentní závisí pouze na poloze částice. Všechny charakteristiky proudu jsou v čase konstantní.

Dále se ustálené proudění dělí na rovnoměrné proudění a nerovnoměrné proudění. Kdy u rovnoměrného proudění je plocha průtočného průřezu i rychlost konstantní. Zatímco u nerovnoměrného proudění jsou rychlost i plocha průtočného průřezu funkcemi dráhy. [1]

1.2.1 PROUDĚNÍ VODY V POTRUBÍ

Potrubí můžeme nazývat jako zařízení, kterým je dopravována kapalina z určitého místa na jiné. Potrubí můžeme dělit:

- podle materiálu
 - ocelové, litinové, betonové, dřevěné, skleněné, plastové apod.
- podle konstrukčního hlediska
 - jednoduché – kde dopravujeme kapalinu jednou větví s konstantním průtočným průřezem

- složené – má proměnlivý průtočný průřez může se větvit nebo spojovat, čímž může dopravovat kapalinu do různých míst nebo lze připojit na potrubí, které přivádí kapalinu z jiných zdrojů
- podle hydraulických výpočtů
 - hydraulicky krátká – u těchto potrubí zanedbáváme místní ztráty
 - hydraulicky dlouhá – zde se většinou uvažuje pouze ztráta třením
- podle proudění kapaliny v potrubí
 - tlakové – mezi ně například patří vodovodní potrubí, potrubí pro závlahy, potrubí pro průmyslové vody, tlakové přivaděče
 - s volnou hladinou – jedná se např. o kanalizační potrubí, drenážní potrubí a takové, které mají stejné řešení jako kapaliny proudící v otevřených profilech
- dle tvaru průtočného průřezu
 - kruhové, obdélníkové, eliptické apod.
 - nejvíce se v praxi vyskytují kruhové průtočné průřezy, které nejlépe odolávají vnitřnímu tlaku a výhodou je i jejich jednoduchá průmyslová výroba

Hydraulické a ekvivalentní průměry nekruhových průřezů

Pro potrubí, které nemá kruhový průřez, je nutné přepočítat podle následujících vztahů.

Hydraulický průměr

U potrubí či kanálů, které nemají kruhový průřez může být při shodě se zákony tlakových ztrát platnými pro turbulentní proudění v potrubí kruhového průřezu dosazen za průměr D hydraulický průměr d_h .

$$d_h = \frac{4 \cdot A}{U}$$

kde:

d_h je hydraulický průměr [m];

A příčný průřez proudění [m²];

U kapalinou smáčený obvod [m].

U potrubí s kruhovým průřezem je hydraulický průměr roven vnitřnímu průměru $d_h = D$.

Pro obdélníkový průřez proudění se stranou a platí:

$$d_h = \frac{4ab}{2(a+b)} = \frac{2ab}{a+b}$$

Pro čtvercový průřez proudění se stranou a platí:

$$d_h = \frac{4a^2}{4a} = a$$

Pokud obdélníkový kanál (potrubí) má tvar s hydraulickým průměrem d_h , tak při stejné rychlosti proudění má stejnou tlakovou ztrátu jako potrubí kruhového průřezu.

Skutečná rychlost proudění w_{skut} se pro příslušný příčný průřez proudění spočítá jako:

$$w_{skut} = \frac{q_v}{A}$$

kde:

w_{skut} je rychlost [m/s];

q_v objemový tok [m³/s];

A vztažná plocha, volný průtokový průřez [m²].

Ekvivalentní průměr

Tento typ průměru se používá převážně u vzduchových kanálů, které mají obdélníkový příčný průřez proudění.

Potrubí s ekvivalentním průřezem má při stejném objemovém průtoku stejnou tlakovou ztrátu jako potrubí kruhového průřezu o stejném průměru.

$$d_g = \sqrt[5]{\frac{32}{\pi^2} \frac{a^3 b^3}{a+b}} = 1,27 \sqrt[5]{\frac{a^3 b^3}{a+b}}$$

Další části se budou zabývat pouze řešeními pro kruhové potrubí. [1] [2]

1.2.1.1 USTÁLENÉ PROUDĚNÍ VODY – ZÁKLADNÍ ROVNICE

Pokud řešíme tlakové proudění kapaliny v potrubí, budou využívány rovnice, které vyjadřují zákony zachování hmoty a energie.

1.2.1.1.1 ROVNICE KONTINUITY

Těž je nazývána rovnice spojitosti toku nebo rovnice kontinuity proudění. Jedná se o formulaci zákona zachování hmotnosti. Při stacionárním proudění kapaliny potrubím zůstává hmotnostní tok konstantní a platí:

$$q_m = \rho \cdot w \cdot A = konst.$$

U nestlačitelných médií ($\rho = \text{konst.}$) je objemový tok konstantní.

$$q_v = w \cdot A = \text{konst.}$$

Rychlost s vnitřním průměrem D se vypočítá:

$$w = \frac{q_w}{A} = \frac{q_w \cdot 4}{D^2 \cdot \pi}$$

kde:

w je rychlost [m/s];

A volný průtočný průřez [m²];

D vnitřní průměr potrubí [m];

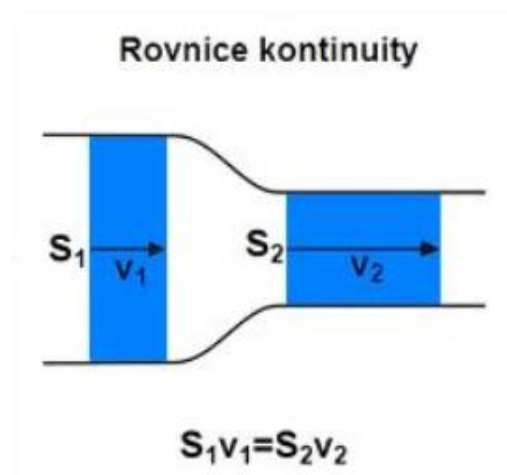
q_v objemový tok [m³/s];

q_m hmotnostní tok [kg/s].

Pokud se potrubí rozšíří jako je naznačeno na obrázku a hustota média je konstantní, tak platí rovnice kontinuity:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

Což znamená, že poměr rychlostí w_1 a w_2 proudění ve dvou místech trubice je převrácený k poměru plošných obsahů průřezu A_1 a A_2 trubice ve stejných místech. Znamená to tedy, že čím je trubice užší, tím rychlejší je proudění. Dále platí, že při ustáleném proudění kapaliny je objemový průtok v každém místě trubice stejný. Platnost rovnice je dána tím, že ve všech místech trubice je zachován stejný objemový průtok. [6]

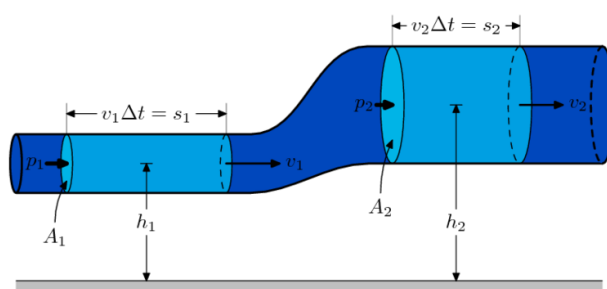


Obrázek 3 - Rozšíření potrubí - rovnice kontinuity [6]

1.2.1.1.2 BERNOULLIHO ROVNICE

Jedná se o rovnici, která vyjadřuje zákon zachování energie pro proudění ideální kapaliny ve vodorovném potrubí. Zrychlením proudění kapaliny ve zúženém místě, získáme větší kinetickou energii. Tato energie může vzniknout přeměnou potenciální energie, což je určeno podle zákona o zachování energie.

Jestliže uvažujeme, že trubice je vodorovná, tak se nemůže jednat o potenciální energii tíhovou. Jelikož je ideální kapalina nestlačitelná, tak se nemůže jednat ani o potenciální energii pružnosti. U proudící kapaliny se jedná o tlakovou změnu, tudíž se jedná o tlakovou potenciální energii. [10]



Obrázek 4 - Rozšíření potrubí - Bernoulliho rovnice [15]

Základní tvar Bernoulliho rovnice – vztaženo k jednotce hmotnosti:

$$g \cdot h = \frac{p}{\rho} + \frac{w^2}{2} = konst.$$

Tvar Bernoulliho rovnice vztažený k jednotce tíhy v tzv. energetických výškách:

$$h + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2 \cdot g} = konst. = E$$

Tvar Bernoulliho rovnice vztažený k jednotce tíhy pro dva libovolné průřezy:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2 \cdot g}$$

kde:

E je měrná energie proudu

$w^2/2 \cdot g$ rychlostní výška;

$p/\rho \cdot g$ tlaková výška;

h polohová výška.

1.2.2 DYNAMICKÝ TLAK

Jedná se o tlak, který vznikne působením média na rovinu kolmou ke směru proudění. Jednotkou tlaku je Pascal. A konkrétně dynamický tlak se vypočte takto:

$$p_d = \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

Je někdy také označován jako Prandtlův dynamický tlak.

kde:

p_d je dynamický tlak [Pa];

ρ hustota [kg/m³];

w rychlost [m/s].

Dynamický tlak lze změřit pouze za pohybu vzduchu (případně kapaliny) jako pokles statického tlaku. [11]

1.2.3 HYDROSTATICKÝ TLAK

Hydrostatický tlak je takový, který je vyvinutý na rovinu rovnoběžnou se směrem proudění, což je například stěna trubky. Hmotnost kapaliny sama vytváří statický tlak. Statický tlak lze změřit ve chvíli, kdy se kapalina (případně vzduch) nepohybuje.

$$p_{st} = \rho \cdot g \cdot h + p_{sys}$$

kde:

p_{st} je statický tlak [Pa];

ρ hustota [kg/m³];

g gravitační zrychlení = 9,81 m/s²;

h výška vodního sloupce [m];

p_{sys} tlak v systému [Pa].

Jelikož je součet statického a dynamického tlaku konstantní, tak pokud je statický tlak maximální, tak dynamický tlak je nulový. Tento předpoklad platí však za situace, že se těleso vůči okolnímu vzduchu nepohybuje.

Celkový tlak je součet statického a dynamického tlaku. Jelikož je součet statického a dynamického tlaku konstantní, tak pokud je statický tlak maximální, tak dynamický tlak je nulový. Tento předpoklad platí však za situace, že se těleso vůči okolnímu vzduchu nepohybuje. Pokud se pohybuje, tak dynamický tlak stoupá a statický tlak o tuto hodnotu klesá. S rostoucí rychlostí roste i dynamický tlak, s dynamickým tlakem i dynamická, kinetická složka energie. Pokud je obtékané těleso asymetrické,

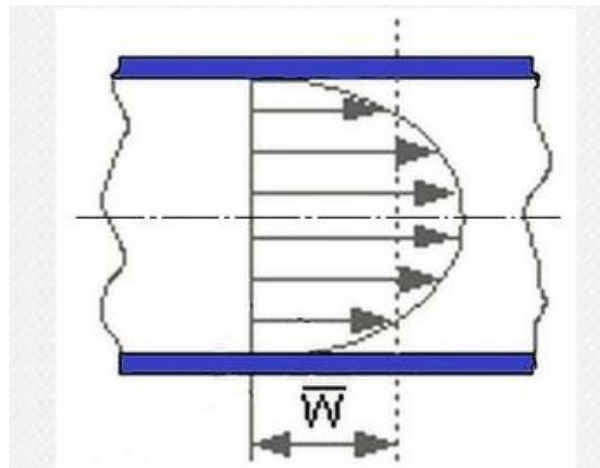
proudění vzduchu kolem něj bude také asymetrické, a na jedné straně bude rychlost obtékání větší než na straně druhé. Na straně, kde bude vyšší rychlost proudění, bude rovněž vyšší dynamický tlak a nižší statický tlak. Nerovnováha statického tlaku způsobí vznik aerodynamické síly. [2] [11]

1.3 ZTRÁTY

1.3.1 REYNOLDSOVO ČÍSLO, LAMÍNÁRNÍ PROUDĚNÍ A TURBULENTNÍ PROUDĚNÍ

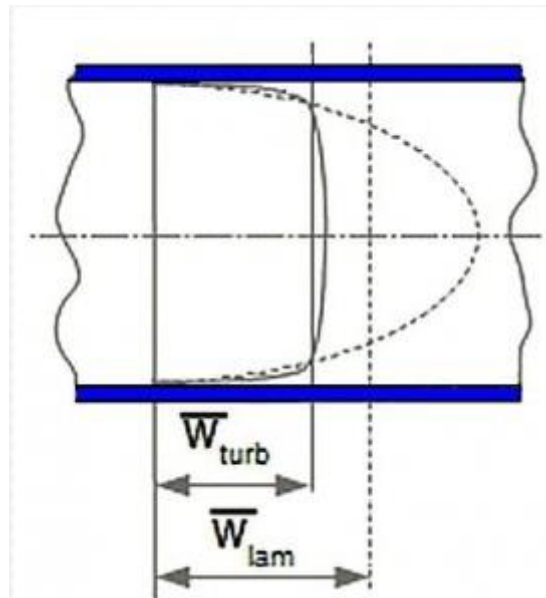
Prouděním tekutiny dochází ke tření o povrch trubky, ale zároveň i ke tření uvnitř tekutiny. Důsledkem tření je ztráta kinetické energie tekutiny Z , a aby tekutina proudila takovou rychlostí, kterou požadujeme, musí získat kinetickou energii poklesem na druhé straně trubky. Vzniká tak tlaková ztráta Δp_z . Za ideální stav se považuje, pokud se teplota, která vzniká třením, vrací zpět do média. A tím se entalpie média nemění.

Podle toho, jak se kapalina pohybuje, tak rozlišujeme dva druhy proudění. Tyto druhy se nazývají laminární a turbulentní proudění. U laminárního proudění vznikají rovnoběžná proudová vlákna a pohybují se v souběžných vrstvách. U tohoto proudění nedochází ke křížení jednotlivých trajektorií. Rychlost proudových vláken, které přiléhají ke stěně je nulová v důsledku tření. V ostatních vláknech se rychlost zvyšuje se snižující se dynamickou viskozitou tekutiny.



Obrázek 5 - Průběh rychlosti laminárního proudění v trubce [5]

Druhým typem proudění je turbulentní, které je typické nahodilými trajektoriemi proudů. Částice se pohybují nejen ve směru proudění, ale chovají se chaoticky. Při turbulentním proudění částice nemají ve všech místech stálou rychlost, ale je možné definovat střední rychlost proudění tekutiny, tak i střední rychlost v jednotlivých řezech trubky, což nazýváme rychlostní profil. Turbulentní proudění má při stejné střední rychlosti větší tlakové ztráty, než je tomu u proudění laminárního.



Obrázek 6 - Rychlostní profil laminárního a turbulentního proudění [5]

Na obrázku rychlostního profilu je možné vidět, že při stejném tlakovém spádu je střední rychlost turbulentního proudění menší než střední rychlost laminárního proudění.

Abychom rozlišili tyto dva typy proudění, tak používáme bezrozměrnou intuitivně definovanou veličinu, která se nazývá Reynoldsovo číslo. Pro kruhové potrubí se spočítá jako:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

kde:

v je střední průřezová rychlost [m/s];

ν kinematická viskozita [m²/s];

D průměr potrubí [m].

Pro otevřené profily je ve vzorci místo průměru potrubí použit hydraulický poloměr R .

Aby bylo zachováno laminární proudění, tak bylo zjištěno, že Reynoldsovo číslo nesmí překročit tzv. kritickou hodnotu. Tato kritická hodnota činí 2320 pro potrubí.

Jestliže se hodnota Reynoldsova čísla pohybuje mezi 2320 a 5000 až 6000, tak se jedná o přechodnou oblast. V této části je rychlostní profil nestabilní. A pokud se Reynoldsovo číslo přehoupne přes hranici 6000, což se nazývá horní kritické Reynoldsovo číslo, tak se jedná o turbulentní proudění. V praxi však tyto hodnoty budou nižší, protože tyto hodnoty vychází z měření v laboratořích, kde potrubí jsou uložena dokonale a bez vibrací.

U turbulentního proudění se při vysokých hodnotách Re v blízkosti stěny potrubí vytváří tzv. laminární podvrstva, kde se uvnitř vrstvy rychlost mění lineárně.

Výška laminární podvrstvy lze určit podle vztahu:

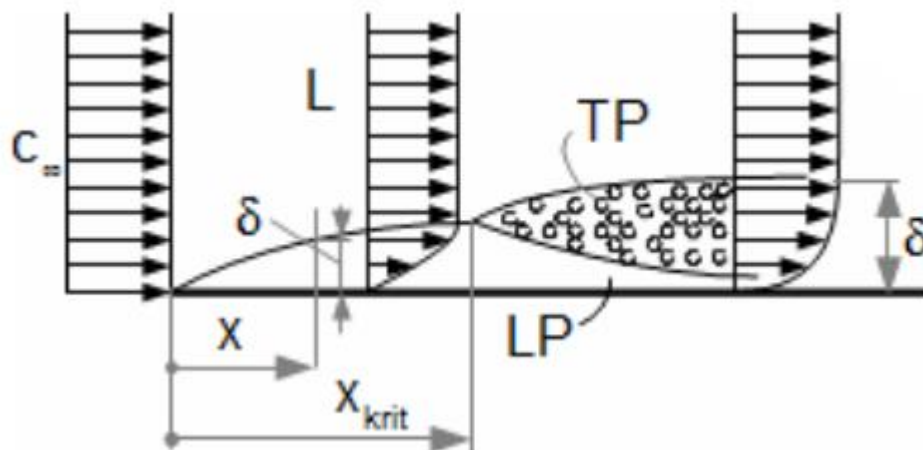
$$\delta = \frac{33,4 \cdot D}{Re\sqrt{\lambda}} = \frac{59,4 \cdot D}{Re^{0,875}}$$

δ je tloušťka vazké podvrstvy [m];

D průměr potrubí [m];

Re Reynoldsovo číslo [-];

λ součinitel pro ztrátu třením [-].



Obrázek 7 - Přechod laminárního proudění do turbulentního [3]

Tloušťka laminární podvrstvy se mění podle viskozity, průměru potrubí či rychlosti kapaliny. Čím větší je hodnota viskozity a průměr potrubí, tím se zvětšuje její tloušťka. Zatímco, když se zvětšuje rychlost kapaliny, tak její tloušťka se zmenšuje.

V praktických výpočtech tlakového proudění skutečné kapaliny je jedním z hlavních úkolů určení ztrát, které při proudění vznikají. Při řešení se snaží určit hydraulické

odpory, které se dělí na dvě základní skupiny. Těmi jsou ztráty třením a ztráty místní.
[1] [5]

1.3.2 ZTRÁTY TŘENÍM

Ztráty třením vznikají v celé délce třením o stěnu potrubí, kterou proudí, ale také třením jednotlivých vazkých vrstev mezi sebou, které se pohybují různou rychlostí.

Ztrátová výška mechanické energie, která je způsobená třením v potrubí se určí podle Darcy-Weisbachova vztahu:

$$h_{zT} = \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Pro otevřené profily:

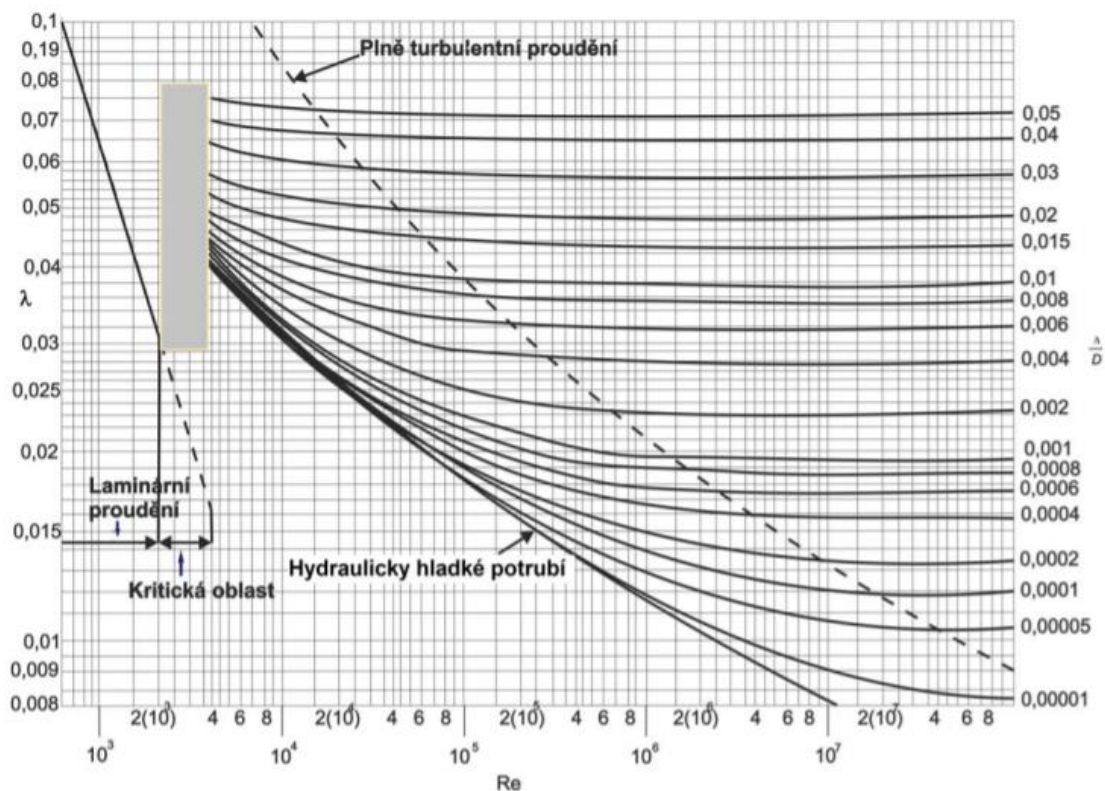
$$h_{zT} = f \cdot \frac{l}{R} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Jako součin ztrátového třecího součinitele a délky potrubí, který je podělený průměrem potrubí se označuje K_T :

$$K_T = \lambda \frac{l}{D} \quad \text{resp.} \quad K_T = f \frac{l}{R}$$

Jak už bylo popisováno v kapitole, kde se počítalo Reynoldsovo číslo, tak jsme zjistili, že na ztrátový třecí součinitel má vliv viskozita, rychlost a průměr potrubí. Jelikož jsou tyto parametry obsaženy ve výpočtu Reynoldsova čísla. Dále však na ztrátový třecí součinitel má vliv drsnost potrubí.

Tyto závislosti jsou od Nikardause experimentálně vypracovány pro potrubí s umělou pískovou drsností. Pro ostatní jsou vypracovány teoreticky. Pro průmyslově vyráběná potrubí je však více používán Moodyho diagram, kde jsou jednotlivé průběhy vyhlazenější. V Moodyho diagramu se rozlišuje pět pásem.



Obrázek 8 - Moodyho diagram [1]

1.3.2.1 PRVNÍ PÁSMO

Jedná se oblast, kde dochází k laminárnímu proudění. Zde je ztrátový třecí součinitel závislý na Reynoldsově čísle v následujícím vztahu.

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

1.3.2.2 DRUHÉ PÁSMO

Zde se jedná o kritickou oblast. Tato oblast je těžká pro určení, protože tato oblast je přechodová. Dochází k přechodu z laminárního proudění na turbulentní proudění podle podmínek proudění.

Pro přibližné určení slouží Shergidův vztah.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{A - (B - A)^2}{C - 2AB - A}$$

$$A = -2 \cdot \log \left(\frac{12}{Re} + \frac{\Delta}{3,7D} \right)$$

$$B = -2 \log \left(2,51 \frac{A}{Re} + \frac{\Delta}{3,7} \right)$$

$$C = -2 \log \left(2,51 \frac{A}{Re} + \frac{\Delta}{3,7} \right)$$

Platnost $Re > 2100$ a $0 \leq (\Delta/D) \leq 0,05$.

1.3.2.3 TŘETÍ PÁSMO

V této oblasti se jedná o proudění v hydraulicky hladkém potrubí ($\lambda = f(Re)$) (tloušťka vazké podvrstvy překrývá výstupky, které jsou na straně potrubí – $\delta > 5\Delta$), která je vyjádřena Blasiovou přímkou. V Moodyho diagramu je vyznačena jako BP.

Matematicky je tato oblast vyjádřena takto:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

Tento vztah platí pro $2320 \leq Re \leq 105$.

Nebo můžeme využít jiné vztahy jako jsou například Prandtl-Karmánův, Klopečkův nebo Filoněnkův.

Prandtl-Karmánův vztah

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \frac{Re\sqrt{\lambda}}{2,51}$$

Platné pro $4 \cdot 10^3 \leq Re \leq 10^8$.

Klopečkův vztah

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,822 \log Re - 1,65$$

Platné pro $4 \cdot 10^3 \leq Re \leq 10^8$.

Filoněnkův vztah

$$\lambda = (0,79 \ln Re - 1,64)^{-2}$$

Platnost pro $3 \cdot 10^3 \leq Re \leq 5 \cdot 10^6$.

1.3.2.4 ČTVRTÉ PÁSMO

Jako čtvrté pásmo je uvažovaná oblast, která je přechodná mezi hydraulicky hladkým potrubím a potrubím drsným ($\lambda = f(Re, (\Delta/D))$). No obrázku je tato přechodná oblast znázorněna pomocí čárkované křivky (na které $\Delta/\delta = 5$) a je ohraničena Blasiovou přímkou (BP).

Pro potrubí, která jsou vyráběna technicky se nejčastěji používá Coolebrook-Whitův vztah:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re\sqrt{f}} + \left(\frac{\Delta}{3,71D} \right) \right)$$

Platnost vztahu pro $Re = 4 \cdot 10^3 - 10^8$ a $0 \leq (\Delta/D) \leq 0,05$.

Další vztahy, které se mohou použít jsou uvedeny níže.

Haalandův vztah

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left(\left(\frac{\Delta}{3,7D} \right)^{0,11} + \frac{6,9}{Re} \right)$$

Platnost vztahu pro $4 \cdot 10^3 \leq Re \leq 10^8$ a $0 \leq (\Delta/D) \leq 0,05$.

Moodyho vztah

$$f = 0,0055 \left(1 + \left(\frac{10^6}{Re} + 2 \cdot 10^4 \frac{\Delta}{D} \right)^{\frac{1}{3}} \right)$$

Platnost vztahu pro $4 \cdot 10^3 \leq Re \leq 10^7$.

Frenkelův vztah

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\Delta}{3,71D} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,91} \right)$$

Platnost vztahu pro $40 \cdot D/\Delta < Re < 500 \cdot D/\Delta$.

1.3.2.5 PÁTÉ PÁSMO

Jedná se o oblast v hydraulicky drsném potrubí ($\lambda = f(\Delta/D)$). Potrubí je v tomto stavu vyvinuto plně turbulentně. Výstupky na stěně potrubí nejsou překryty vazkou podvrstvou – $\delta < (1/5)\Delta$. Ztráty třením pro tuto oblast jsou rovny druhé mocnině rychlosti.

Pro zjištění ztrátového třecího součinitele se mohou využít níže uvedené vztahy.

Nikuradseho vztah

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \frac{3,71D}{\Delta}$$

Platnost vztahu pro $Re > 500 (D/\Delta)$.

Prandtl-Karmánův vztah

$$\lambda = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{\Delta}{3,71D}\right)\right)^2}$$

Platnost vztahu pro $Re > 500$ (D/Δ). [1]

1.3.3 MÍSTNÍ ZTRÁTY

Potrubní větev nebývá zpravidla přímočará, ale je tvořena dalšími prvky, jako jsou různé odbočky, armatury, spojky, redukce, oblouky, měřidla a další části, na kterých vznikají tlakové ztráty jako je tomu například i rovinných částí. Tyto tlakové ztráty jsou však mnohem větší, jelikož v těchto částech dochází ke změně průtočného tvaru trubky, směru nebo ke škrncení. Tyto ztráty se nazývají místní a vypočítají se podobně jako tlakové ztráty, které vznikají na rovinných úsecích. Z níže uvedených vztahů lze určit výpočet tlakové ztráty:

$$\Delta p_z = \zeta \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2}$$

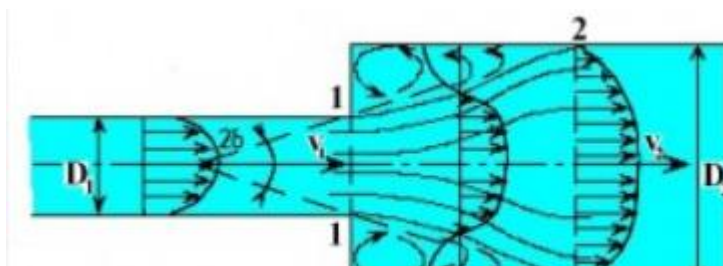
Nebo lze určit pomocí vzorce, který vyjadřuje ztrátu měrné energie:

$$Z = \zeta \cdot \frac{w^2}{2g}$$

Tudíž chceme zajistit, aby hodnota součinitele místního odporu ζ [-] byla co nejnižší. V následujícím textu budou rozebrány různé možnosti, jak se k součiniteli dostat. [3]

1.3.3.1 MÍSTNÍ ZTRÁTY NÁHLÝM ROZŠÍŘENÍM POTRUBÍ

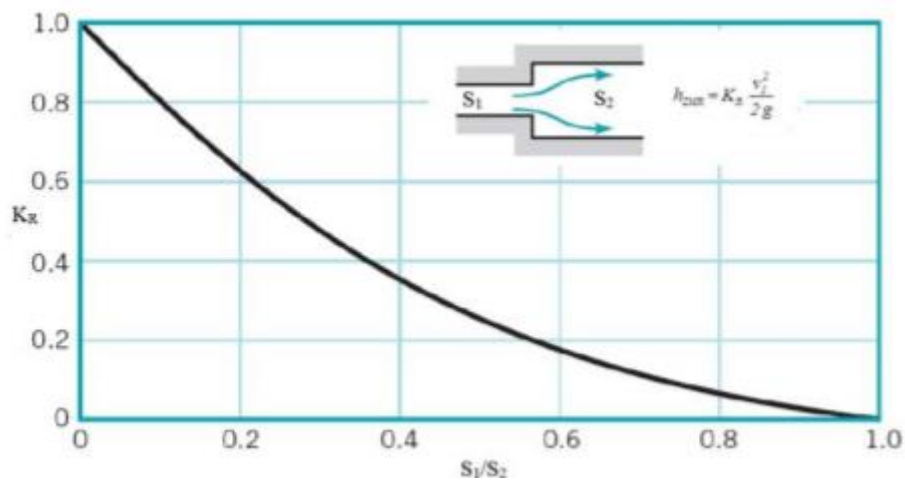
Tato ztráta je někdy nazývána takéž Bordova ztráta a lze ji odvodit na základě věty o hybnosti a Bernoulliho rovnice, ale musí platit předpoklad toho, že se tlak v potrubí před rozšířením a těsně za rozšířením budou rovnat. Pomocí následujícího vzorce se dostaneme ke vzorci pro výpočet hodnoty součinitele místních ztrát, který slouží pro náhlé rozšíření potrubí.



Obrázek 9 - Náhlé rozšíření potrubí [14]

$$\zeta_{nr} = \left(\frac{S_2}{S_1} - 1 \right)^2 = \left(\frac{D_2^2}{D_1^2} - 1 \right)^2$$

Tlakové ztráty místních odporů pro náhlé rozšíření lze také určit z grafu, kde hodnota tohoto součinitele je označena K_R .



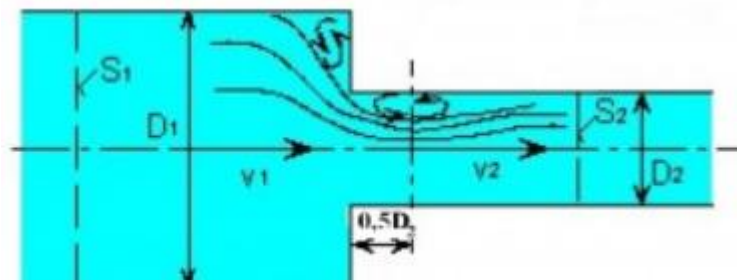
Obrázek 10 - -Náhlé rozšíření potrubí - Závislost součinitele místních odporů na poměru ploch [1]

1.3.3.2 MÍSTNÍ ZTRÁTA NÁHLÝM ZÚŽENÍM

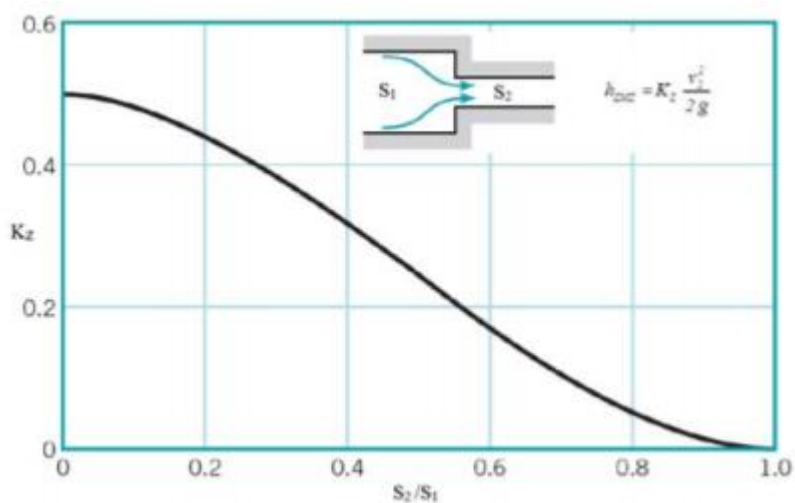
Tato tlaková ztráta se vypočte pomocí následujících vztahů a grafického znázornění.

$$\zeta_{nz} = \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2$$

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \frac{S_2}{S_1}}$$



Obrázek 11 - Náhlé zúžení potrubí [14]

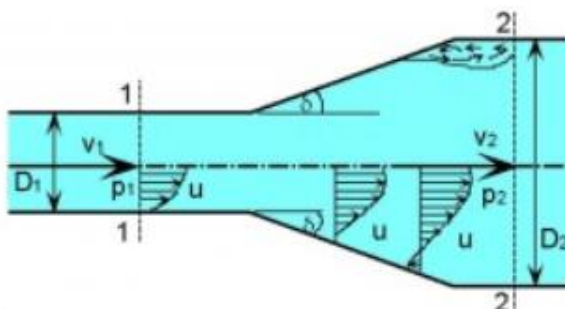


Obrázek 12 - Náhlé zúžení potrubí - Závislost součinitele místních odporů poměru ploch [1]

1.3.3.3 MÍSTNÍ ZTRÁTA KÓNICKÝM ROZŠÍŘENÍM

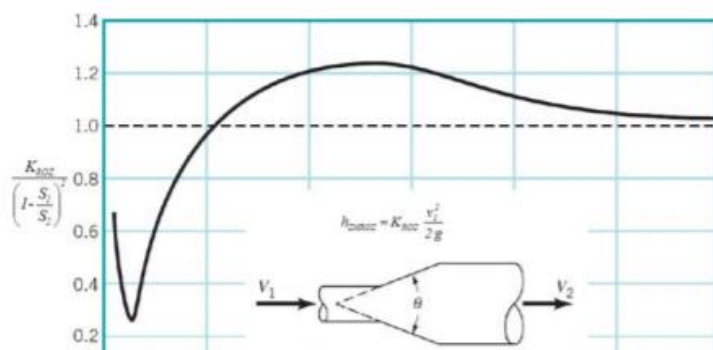
Výpočet pomocí vzorců je následující:

$$\zeta_{kr} = f\left(\frac{S_2}{S_1}, \delta\right)$$



Obrázek 13 - Kónické rozšíření [14]

Grafické znázornění:



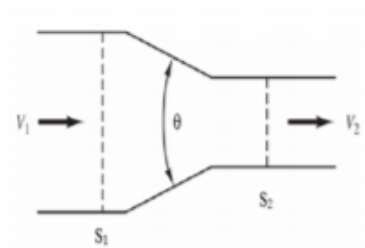
Obrázek 14 - Závislost součinitele místních odporů na úhlu kónického rozšíření [1]

1.3.3.4 MÍSTNÍ ZTRÁTA KÓNICKÝM ZÚŽENÍM (REDUKCE)

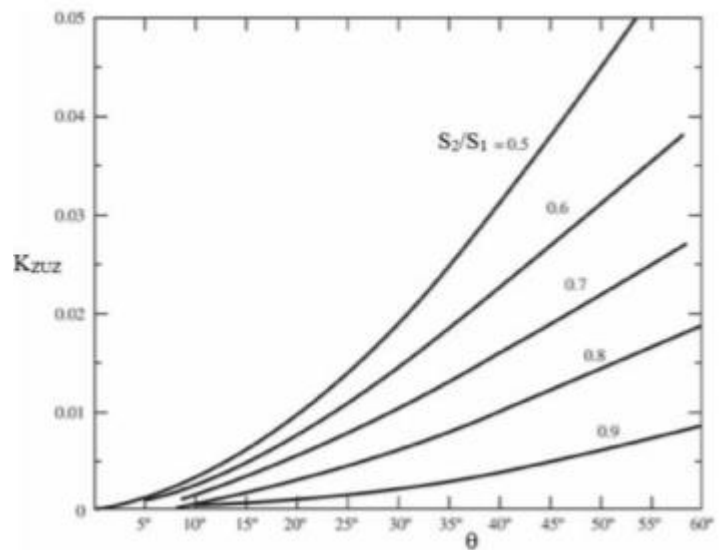
Výpočet pomocí vzorce:

$$\zeta_{kz} = f(\delta)$$

Grafické znázornění:



Obrázek 15 - Kónické zúžení [1]

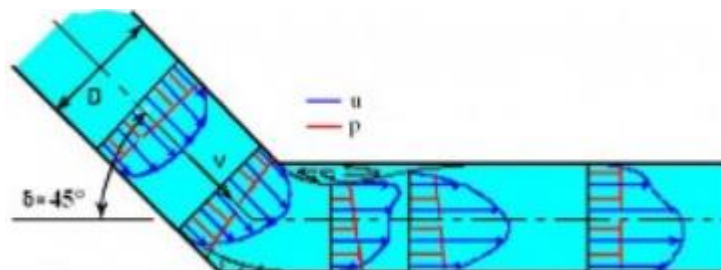


Obrázek 16 - Závislost součinitele místních odporů na úhlu kónického zúžení [1]

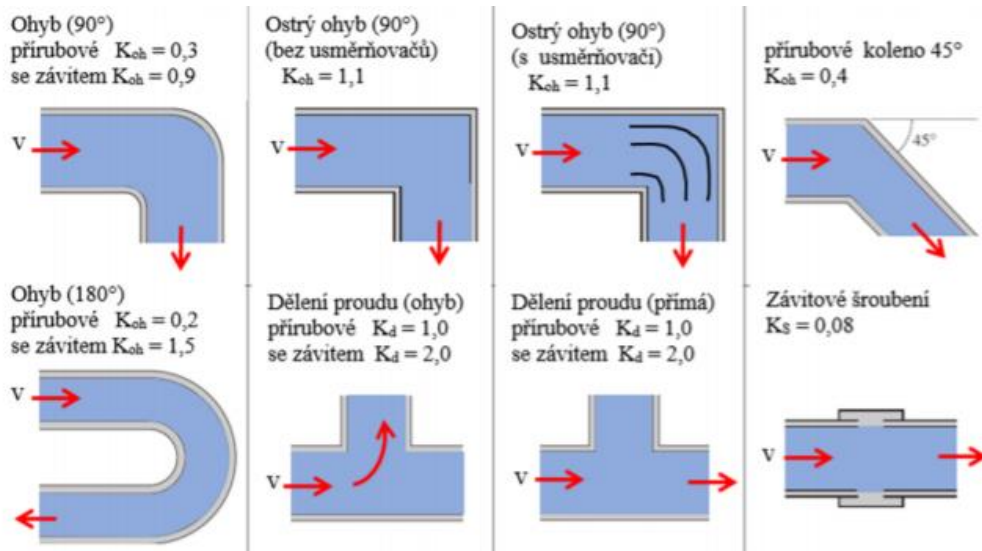
1.3.3.5 MÍSTNÍ ZTRÁTY ZMĚNOU SMĚRU A VE VTOKU

Ostré koleno

$$\zeta_{os} = f(\delta)$$



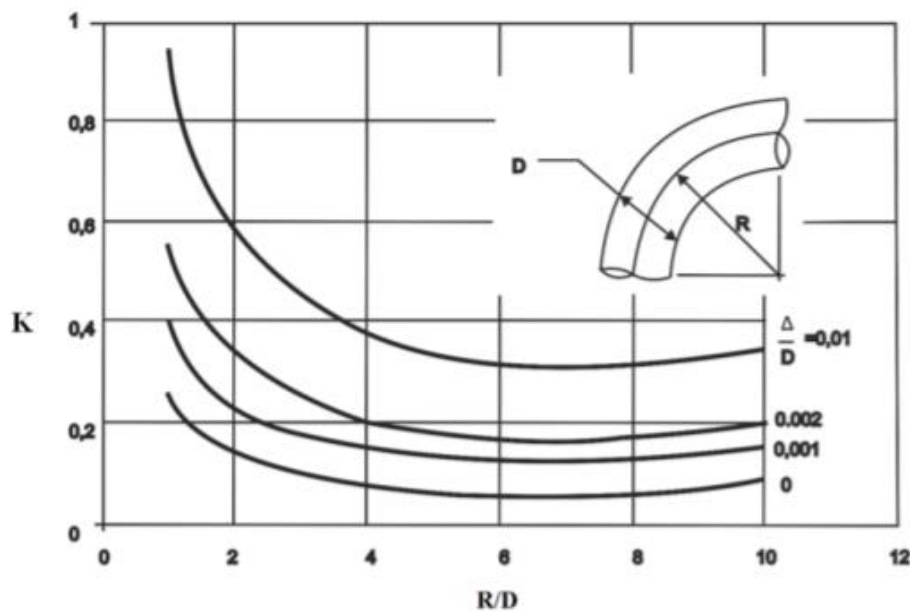
Obrázek 17 - Ostré koleno potrubí [14]



Obrázek 18 - Hodnoty součinitele místních odporů pro změnu směrů a ohyby [1]

1.3.3.6 OBLOUKOVÉ KOLENO

$$\zeta_{os} = f\left(\delta, \frac{r}{D}\right)$$



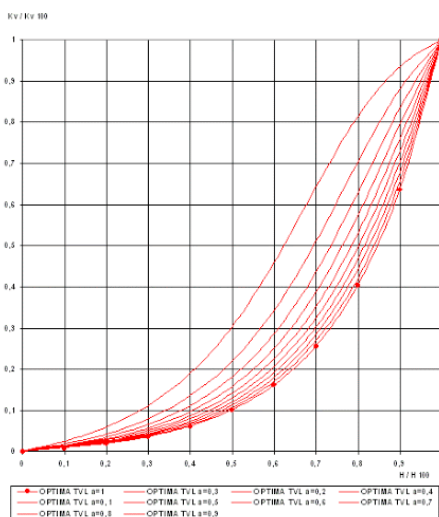
Obrázek 19 - Závislost součinitele místních odporů na poměru tloušťky potrubí a poloměru [1]

1.3.3.7 TLAKOVÁ ZTRÁTA REGULAČNÍ VENTILŮ A JINÝCH REGULAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Tlakové ztráty armatur jsou ve většině případů udávány od výrobců, a to různými způsoby. Buď jsou vytvořeny grafické závislosti tlakových ztrát na průtoku nebo uvádí hodnotu průtokového součinitele K_{VS} a pomocí vzorce ho můžeme dopočítat.

V následujících řádcích budou pospány různé způsoby, jak můžeme dojít k tlakové ztrátě ventilu.

Pokud výrobce udává grafické znázornění, kde je vyobrazena závislost objemového průtoku na tlakových ztrátách, tak můžeme jednoduše propojit jednotlivé hodnoty a dostat se ke konečnému výsledku tlakové ztráty pro naši regulační armaturu.



Obrázek 20 - Grafické znázornění tlakové ztráty regulační armatury podle průtoku [16]

Dalším způsobem je výpočet tlakové ztráty pomocí jmenovitého průtoku. Ten určuje vztah mezi nastavením ventilu (zdvih, úhel, natočení) a objemovým průtokem. Hodnota k_{VS} regulační armatury udává objemový průtok, při kterém má plně otevřený ventil tlakovou ztrátu 1 bar. Tento vztah je určen pro vodu jako teplotnosnou látku.

$$k_{VS} = q_V \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p_V}}$$

kde:

q_v je objemový průtok armaturou [m^3/h];

Δp_v tlaková ztráta ventilu [kPa];

Δp_0 100 kPa (1bar).

Z tohoto vztahu můžeme pomocí známého jmenovitého průtoku k_{VS} a průtoku q_v zjistit tlakovou ztrátu v armatuře. Nebo můžeme pomocí požadovaného průtoku a tlakové ztráty vybrat vhodnou armaturu pro náš systém.

Pro výpočet k_{VS} , kdy je použita jiná teplotní látka než voda, se použije následující vzorec.

$$k_{VS} = q_v \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p_v}} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

kde:

ρ je hustota teplotní látky při provozní teplotě [kg/m^3];

ρ_0 hustota vody při teplotě 15 °C [kg/m^3].

V USA je používána jiná hodnota pro jmenovitý průtok a ta se značí C_{VS} , která je zjišťována stejným způsobem jako k_{VS} , ale při tlakové ztrátě 1 psi, což činí 6,8948 kPa. Zároveň používají jiné jednotky pro průtok a hustotu. Pro průtok používají gal/min a pro hustotu lb/ft^3 .

V některých starších dokumentech se můžeme dočíst o průtokovém součiniteli A_{VS} , který jednoznačně určuje vlastnosti armatury, ale vzorec je doplňován důsledně jen v základních jednotkách SI. Tento součinitel vypadá následně.

$$A_{VS} = q_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p_v}}$$

kde:

q_v je objemový průtok [m^3/s];

Δp_v tlaková ztráta ventilu [Pa];

ρ hustota vody [kg/m^3].

Tabulka 1 - Závislosti průtokových součinitelů [12]

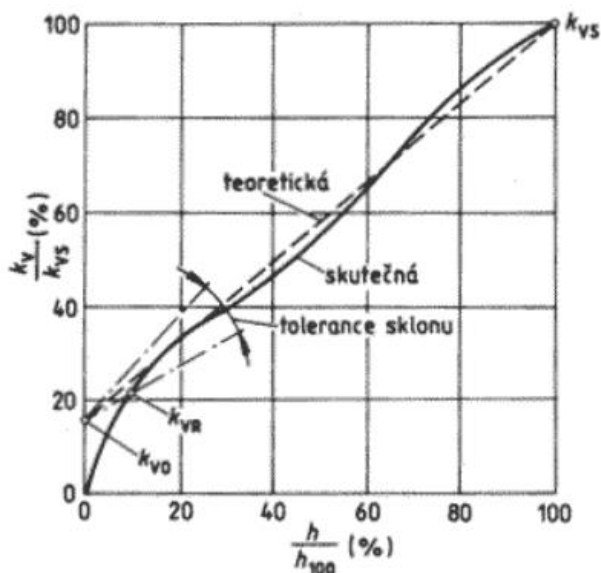
Přepočet jednotlivých hodnot	
$k_{VS} = 36000 \cdot A_{VS}$	[m ³ /h]
$k_{VS} = 0,865 \cdot C_{VS}$	[m ³ /h]
$C_{VS} = 41700 \cdot A_{VS}$	[gal/min]
$C_{VS} = 1,7 \cdot k_{VS}$	[gal/min]
$A_{VS} = 2,40 \cdot 10^{-5} \cdot C_{VS}$	[m ²]
$A_{VS} = 2,78 \cdot 10^{-5} \cdot k_{VS}$	[m ²]

Dále existují vztahy, které vyjadřují vztahy mezi k_v hodnotou, průtočným průřezem připojovacího potrubí S [mm²] a součinitel místního odporu ζ [-].

$$k_v = 0,05 \cdot S \cdot \sqrt{\frac{1}{\zeta}}$$

$$\zeta = \left(\frac{0,05 \cdot S}{k_v} \right)^2$$

Hodnotu k_v , kterou získáme při 100% zdvihu kuželky, je označovaná jako k_{VS} . Pomocí extrapolace se můžeme dostat k hodnotě k_{V0} , která představuje naopak nulový zdvih kuželky. Obvyklé hodnoty k_v pro ventily se pohybují v rozmezí 0,25 až 500 m³/h.



Obrázek 21 - Závislost průtokového součinitele na procentuálním zdvihu kuželky [13]

Regulační schopnost ventilu, který je umístěn v potrubí je hodně ovlivněn tzv. autoritou ventilu. S rostoucí hodnotou autority ventilu je regulační schopnost ventilu lepší.

Autorita ventilu P_v [-] vyjadřuje poměr mezi tlakové ztráty ventilu při plném otevření a úplném zavření. [12] [14]

$$P_v = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{v0}}$$

kde:

Δp_{v100} je tlaková ztráta ventilu při plném otevření [Pa];

Δp_{v0} tlaková ztráta ventilu při úplném zavření [Pa];

P_v autorita ventilu [-].

2 ZÁVĚR

Závěrem by šlo hodnotit, že se na tlakových ztrátách podílí velké množství faktorů. Ať už to je volba tekutiny, která proudí potrubím, drsnost potrubí, rychlost v něm proudící, volba armatur, jejich použití a mnoho dalších věcí, které už tady byly popsány i mnoho věcí, které pospány nejsou. Ale je důležité brát zřetel na tlakové ztráty, které nám v otopném systému vznikají, protože od jejich vyregulování se odvíjí základ fungování systému vytápění.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

B.PRAKTICKÁ ČÁST – VYTÁPĚNÍ MATEŘSKÉ ŠKOLY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Švanda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

1 ANALÝZA OBJEKTU

V této části bude řešeno vytápění objektu, kterým je mateřská škola nacházející se v městysu Velké Němčice. Velké Němčice spadají do Jihomoravského kraje. Konkrétně do okresu Břeclav. Budova mateřské školy sestává ze dvou pater. Hlavní vstup do budovy je umístěn na východní straně. V prvním patře můžeme najít jednu třídu pro 28 dětí, přiléhající sklady hraček a lehátek, umývárnu a šatnu. Dále se v prvním patře nachází prostory pro zaměstnance školy, jako je sborovna, ředitelna, přípravná jídelna, šatna a hygienické prostory. První patro je doplněno ještě prostory jako jsou technická místnost či místnosti pro použití v případě, kdy jsou děti na zahradě.

Po schodišti se dostaneme do druhého patra, kde se nachází 2 třídy pro 28 dětí a k nim přiléhající stejné místnosti jako u třídy v prvním patře. Je zde umístěna taktéž samostatná přípravná jídelna, šatna pro zaměstnance a hygienické prostory.

Objekt mateřské školy je architektonicky vytvořen do tvaru obráceného písmene L. Jedná se o zděnou konstrukci s kontaktním zateplovacím systémem. Zastřešení je řešeno formou ploché jednoplášťové střechy. Téměř všechny konstrukce jsou navrženy tak, aby splňovaly pasivní standard (horní mez). Protože v dnešní době je co největší důraz kladen na to, aby tepelné ztráty byly co nejnižší, a tudíž i spotřebu energie.

Řešení vytápění je ve dvou variantách. V první variantě je objekt vytápěn pomocí otopných těles. V druhé variantě je použito převážně podlahové vytápění. Jen místnosti, které nebylo možné vytopit pomocí podlahového vytápění (koupelny) jsou doplněny o otopné žebříky.

V první variantě je objekt vytápěn pomocí jednoho tepelného čerpadla pracujícího na principu vzduch-voda s teplotním spádem 52/45 C. Tepelné čerpadlo sestává z venkovní jednotky, která bude umístěna na východní straně objektu. Jelikož se v této části nachází parkoviště, nebude docházet k rušení okolní zástavby vzniklým hlukem od jednotky. Jednotka tepelného čerpadla pracuje pouze se dvěma stupni (zapnuto/vypnuto), proto byla do technické místnosti navržena akumulční nádoba.

Druhá varianta je řešena podobným způsobem, ale pro vytápění budou použita 2 tepelná čerpadla, která taktéž pracují pouze na principu zapnuto/ vypnuto. A proto také topná voda bude ukládána do akumulční nádoby. Jeho teplotní spád bude 52/40 °C a pro obě čerpadla je navrženo oběhové čerpadlo.

V obou variantách je navržený elektrokotel jako bivalentní zdroj, který začne spolupracovat s tepelným čerpadlem od momentu nedostatečného výkonu (bod

bivalence). Rozdělovač a sběrač má kromě napojení od akumulární nádoby další 4 větve, a to pro ohřivač vzduchotechnické jednotky, ohřivač teplé vody a 2 okruhy vytápění. Dále v technické místnosti bude umístěn nepřímotopný zásobník teplé vody, expanzní nádoby, filtry pro čištění vod a pojistná zařízení.

V objektu je navrženo nucené větrání, a to konkrétně pomocí vzduchotechnické jednotky se zpětným získáváním tepla. Jednotka bude umístěna na střeše objektu na ocelové konstrukci. V jednotce je umístěn vodní lamelový ohřivač, který bude pracovat s teplotní spádem 50/40 °C.

Ohřev pitné vody bude řešen pomocí nepřímotopného zásobníkového ohřivače o objemu 469 l. Teplotní spád pro ohřev vody bude 50/35 °C, a proto je nutné dohřívat vodu pomocí topné jednotky. Tento zásobníkový ohřivač je konkrétně pro tepelná čerpadla, kdy umístění topné jednotky je v horní části ohřivače. Tudiž nebude docházet k mísení studené a teplé vody, ale voda bude v zásobníku pouze dohřívána. Zařízení je vybaveno pojistnou sestavou.

2 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU

2.1 KLIMATICKÉ ÚDAJE

Velké Němčice spadají do okresu Břeclav, kterou můžeme najít v tabulce obsahující venkovní výpočtové teploty a otopná období. Tato tabulka je sestavena dle ČSN 38 3350 Zásobování teplem a ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. [17]

Lokalita:	Břeclav
Nadmořská výška:	180,230 m.n.m.
Návrhová teplota vnějšího vzduchu v zimním období:	-12 °C
Návrhová teplota zeminy přilehlé ke stavebním konstrukcím:	5 °C
Roční průměrná teplota	5,2 °C
Návrhová relativní vlhkost vnějšího vzduchu:	84 %

2.2 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ

2.2.1 VÝPOČET SVISLÝCH A VODOROVNÝCH KONSTRUKCÍ

Pro výpočet tepelných ztrát je nutné znát součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí. Součinitel prostupu tepla je obrácená hodnota tepelného odporu složené konstrukce. Jeho výpočet byl proveden dle ČSN 73 0540. Hodnotu součinitele získáme pomocí tohoto vzorce. [18]

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{se}}$$

kde:

R_{si} je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně viz tabulka 2,

d_j tloušťka materiálu v konstrukci;

λ_j součinitel tepelné vodivosti materiálu v konstrukci;

R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně – pro vnější povrch stavební konstrukce a výplně otvoru pro výpočty šíření tepla při nadmořské výšce do 1000 m.n.m.: $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Tabulka 2 - Hodnoty R_{Si} podle směru šíření tepla

Směr šíření tepla	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{Si} [m ² .K/W]
Vnitřní svislý povrch stavební konstrukce - vodorovný tepelný tok (např. obvodová stěna)	0,13
Vnitřní vodorovný povrch stavební konstrukce - tepelný tok zdola nahoru (např. střecha)	0,10
Vnitřní vodorovný povrch stavební konstrukce - tepelný tok shora dolů (např. podlaha/ strop nad exteriérem)	0,17

2.2.1.1 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA VODOROVNÝMI KONSTRUKCEMI

Některé vrstvy, které jsou důležité z hlediska fungování konstrukce, jsou vynechány, protože nemají skoro žádný vliv na její tepelně technické vlastnosti.

PDL 1 - PODLAHA NA TERÉNU - MOKRÝ PROVOZ					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Keramická dlažba	0,010	1,01	0,010	
2	Lepidlo na bázi cementu	0,006	0,8	0,008	
3	Samonivelační anhydritová mazanina	0,058	1,2	0,048	
4	Plastová fólie lehkého typu bez výztuže	0,0002	0,16	0,001	
5	Tepelněizolační desky EPS SD 150	0,170	0,038	4,474	
6	SBS asfaltový modifikovaný pás, vložka ze skleněných vláken	0,004	0,21	0,019	
				$\Sigma R =$	4,560
				$R_{Si} =$	0,17
				$R_{SE} =$	0,00
$R_T =$	$R_{Si} + \Sigma R + R_{SE} =$	0,17 + 4,560 + 0,00 =		4,730	m ² .K.W ⁻¹
$U =$	$1/R_T =$	1 / 4,73		0,211	W.m⁻².K⁻¹

PDL 2 - PODLAHA NA TERÉNU - SUCHÝ PROVOZ					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Keramická dlažba	0,010	1,01	0,010	
2	Lepidlo na bázi cementu	0,006	0,8	0,008	
3	Litá anhydritová mazanina	0,060	1,2	0,050	
4	Plastová fólie lehkého typu bez výztuže	0,0002	0,16	0,001	
5	Tepelněizolační desky EPS SD 150	0,170	0,038	4,474	
6	SBS asfaltový modifikovaný pás, vložka ze skleněných vláken	0,004	0,21	0,019	
				ΣR =	4,561
				R _{SI} =	0,17
				R _{SE} =	0,00
R _T =	R _{SI} + ΣR + R _{SE} =	0,17 + 4,561 + 0,00 =	4,731	m ² .K.W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 4,73	0,211	W.m⁻².K⁻¹	

PDL 3 - PODLAHA NA TERÉNU - UČEBNA					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Korkové dlaždice	0,006	0,058	0,103	
2	Rychleschnoucí dvoukontaktní disperzní lepidlo	0,002	0,7	0,003	
3	Litá anhydritová mazanina	0,060	1,2	0,050	
4	Polyethylenová fólie lehkého typu	0,0002	0,16	0,001	
5	Tepelněizolační desky EPS SD 150	0,170	0,038	4,474	
6	SBS asfaltový modifikovaný pás, vložka ze skleněných vláken	0,004	0,21	0,019	
				ΣR =	4,650
				R _{SI} =	0,17
				R _{SE} =	0,00
R _T =	R _{SI} + ΣR + R _{SE} =	0,17 + 4,650 + 0,00 =	4,820	m ² .K.W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 4,82	0,207	W.m⁻².K⁻¹	

STR1 - STROPNÍ KONSTRUKCE - MOKRÝ PROVOZ					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Keramická dlažba	0,010	1,01	0,010	
2	Lepidlo na bázi cementu	0,006	0,8	0,008	
3	Samonivelační anhydritová mazanina	0,052	1,2	0,043	
4	Polyethylenová fólie lehkého typu	0,0002	0,35	0,001	
5	Desky z kamenné vlny	0,080	0,039	2,051	
6	Předpjatý panel	0,250	1,16	0,216	
				ΣR =	2,328
				R _{SI} =	0,10
				R _{SI} =	0,10
R _T =	R _{SI} + ΣR + R _{SI} =	0,10 + 2,328 + 0,10 =	2,528	m ² .K.W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 2,53	0,396	W.m⁻².K⁻¹	

STR2 - STROPNÍ KONSTRUKCE - SUCHÝ PROVOZ					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Keramická dlažba	0,010	1,01	0,010	
2	Lepidlo na bázi cementu	0,006	0,8	0,008	
3	Samonivelační anhydritová mazanina	0,054	1,2	0,045	
4	Polyethylenová fólie lehkého typu	0,0002	0,35	0,001	
5	Desky z kamenné vlny	0,080	0,039	2,051	
6	Předpjatý panel	0,250	1,16	0,216	
				ΣR =	2,330
				R _{SI} =	0,10
				R _{SI} =	0,10
R _T =	R _{SI} + ΣR + R _{SI} =	0,10 + 2,330 + 0,10 =	2,530	m ² .K.W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 2,53	0,395	W.m⁻².K⁻¹	

STR3 - STROPNÍ KONSTRUKCE - UČEBNY					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Korkové dlaždice	0,006	0,064	0,094	
2	Rychleschnoucí dvoukontaktní disperzní lepidlo	0,002	0,7	0,003	
3	Litá anhydritová mazanina	0,062	1,2	0,052	
4	Polyethylenová fólie lehkého typu	0,0002	0,35	0,001	
5	Desky z kamenné vlny	0,080	0,039	2,051	
6	Předpjatý panel	0,250	1,16	0,216	
				ΣR =	2,416
				R _{SI} =	0,10
				R _{SI} =	0,10
R _T =	R _{SI} + ΣR + R _{SI} =	0,10 + 2,416 + 0,10 =	2,616	m ² .K.W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 2,62	0,382	W.m⁻².K⁻¹	

SCH1 - JEDNOPLÁŠŤOVÁ PLOCHÁ STŘECHA					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Předpjatý panel	0,250	1,2	0,208	
2	SBS asfaltový modifikovaný pás, vložka z hliníkové fólie	0,004	0,21	0,019	
3	Tepelněizolační spádové klíny EPS 100S	0,020	0,038	0,526	
4	Tepelněizolační desky z EPS 150S	0,240	0,039	6,154	
5	Fólie PVC-P k přitížení	0,002	0,35	0,005	
				ΣR =	6,913
				R _{SI} =	0,10
				R _{SE} =	0,04
R _T =	R _{SI} + ΣR + R _{SE} =	0,10 + 6,913 + 0,04 =	7,053	m ² .K.W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 7,05	0,142	W.m⁻².K⁻¹	

2.2.1.2 SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA SVISLÝMI KONSTRUKCEMI

SN1 - VNITŘNÍ NENOSNÁ KONSTRUKCE 115 mm					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Jednovrstvá vápenocementová omítka	0,010	1,022	0,010	
2	Broušený cihelný blok	0,115	0,26	0,442	
3	Jednovrstvá vápenocementová omítka	0,010	1,022	0,010	
				ΣR =	0,462
				R _{SI} =	0,13
				R _{SI} =	0,13
R _T =	R _{SI} + ΣR + R _{SI} =	0,13 + 0,462 + 0,13 =	0,722	m ² .K.W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 0,72	1,385	W.m⁻².K⁻¹	

SN2 - VNITŘNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE 300 mm					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Jednovrstvá vápenocementová omítka	0,010	1,022	0,010	
2	Broušený cihelný blok	0,300	0,21	1,429	
3	Jednovrstvá vápenocementová omítka	0,010	1,022	0,010	
				ΣR =	1,448
				R _{SI} =	0,13
				R _{SI} =	0,13
R _T =	R _{SI} + ΣR + R _{SI} =	0,13 + 1,448 + 0,13 =	1,708	m ² .K.W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 1,71	0,585	W.m⁻².K⁻¹	

SN3 - VNITŘNÍ NENOSNÁ KONSTRUKCE 140 mm					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Jednovrstvá vápenocementová omítka	0,010	1,022	0,010	
2	Broušený cihelný blok	0,140	0,27	0,519	
3	Jednovrstvá vápenocementová omítka	0,010	1,022	0,010	
				ΣR =	0,538
				R _{SI} =	0,13
				R _{SI} =	0,13
R _T =	R _{SI} + ΣR + R _{SI} =	0,13 + 0,538 + 0,13 =	0,798	m ² .K.W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 0,80	1,253	W.m⁻².K⁻¹	

SO1 - OBVODOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE 300 mm					
č.v.	MATERIÁL	d	λ	R	
		[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	
1	Jednovrstvá vápenocementová omítka	0,010	0,99	0,010	
2	Broušený cihelný blok	0,300	0,18	1,667	
3	Paropropustná lepící hmota na bázi cementu	0,005	0,8	0,006	
4	Desky z kamenné minerální vlny	0,160	0,039	4,103	
5	Paropropustná lepící hmota na bázi cementu + sklotextilní síťovina	0,005	0,8	0,006	
6	Pasovitá - silikonová tenkovrstvá omítka	0,002	0,7	0,003	
				ΣR =	5,795
				R _{SI} =	0,13
				R _{SE} =	0,04
R _T =	R _{SI} + ΣR + R _{SE} =	0,13 + 5,795 + 0,04 =	5,965	m ² .K.W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 5,96	0,168	W.m².K⁻¹	

2.2.2 SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA VÝPLŇOVÝMI KONSTRUKCEMI

Výpočet součinitele prostupu tepla okny a dveřmi je proveden dle normy ČSN EN ISO 10077-1 – Tepelné chování oken, dveří a okenic – Výpočet součinitele prostupu tepla – Část 1: Obecně. [19]

Součinitel prostupu tepla okny se vypočte:

$$U_W = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f}$$

kde:

A_f je celková plocha rámu [m²]

A_g celková plocha zasklení [m²]

U_f součinitel prostupu tepla rámem okna [W/m².K]

U_g součinitel prostupu tepla zasklením okna [W/m².K]

l_g viditelný obvod zasklení [m]

ψ_g lineární součinitel prostupu tepla způsobený kombinovanými tepelnými vlivy zasklení, distančního rámečku a rámu

Součinitel prostupu tepla dveřmi se vypočte:

$$U_D = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + A_p \cdot U_p + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f + A_p}$$

kde:

A_p je celková plocha neprůsvitné výplně dveří [m^2]

U_p součinitel prostupu tepla neprůsvitné výplně dveří [$W/m^2.K$]

2.2.2.1 HODNOTY SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA OKEN A DVEŘÍ

V tomto případě jsou posuzované dveře celoplošně zaskleny a odpadá plocha neprůsvitné výplně dveří A_p . Tudíž bude použitý pro jejich výpočet stejný vzorec jako u výpočtu součinitele prostupu tepla oken.

Dveře jsou hliníkové s izolačním trojsklem. Okna jsou dřevohliníková, taktéž s izolačním trojsklem.

D01 - VCHODOVÉ DVEŘE - 1000 x 2600 mm		
$A_g =$	1,92 m^2	$U_w =$ 0,823 $W.m^{-2}.K^{-1}$
$U_g =$	0,50 $W.m^{-2}.K^{-1}$	
$A_f =$	0,68 m^2	
$U_f =$	1,10 $W.m^{-2}.K^{-1}$	
$l_g =$	7,20 m	
$\psi_g =$	0,06 $W.m^{-1}.K^{-1}$	

D02 - VCHODOVÉ DVEŘE - 2000 x 2600 mm		
$A_g =$	4,32 m^2	$U_w =$ 0,708 $W.m^{-2}.K^{-1}$
$U_g =$	0,50 $W.m^{-2}.K^{-1}$	
$A_f =$	0,88 m^2	
$U_f =$	1,10 $W.m^{-2}.K^{-1}$	
$l_g =$	9,20 m	
$\psi_g =$	0,06 $W.m^{-1}.K^{-1}$	

OD1 - OKENNÍ OTVOR - 2000 x 2500 mm		
$A_g =$	4,06 m^2	$U_w =$ 0,652 $W.m^{-2}.K^{-1}$
$U_g =$	0,50 $W.m^{-2}.K^{-1}$	
$A_f =$	0,94 m^2	
$U_f =$	1,04 $W.m^{-2}.K^{-1}$	
$l_g =$	8,46 m	
$\psi_g =$	0,03 $W.m^{-1}.K^{-1}$	

OD2 – OKENNÍ OTVOR - 1000 x 500 mm		
$A_g =$	0,22 m ²	Uw = 0,985 W.m ² .K ⁻¹
$U_g =$	0,50 W.m ⁻² .K ⁻¹	
$A_f =$	0,28 m ²	
$U_f =$	1,04 W.m ⁻² .K ⁻¹	
$l_g =$	3,00 m	
$\psi_g =$	0,03 W.m ⁻¹ .K ⁻¹	

OD3 – OKENNÍ OTVOR - 1000 x 1500 mm		
$A_g =$	1,00 m ²	Uw = 0,781 W.m ² .K ⁻¹
$U_g =$	0,50 W.m ⁻² .K ⁻¹	
$A_f =$	0,50 m ²	
$U_f =$	1,04 W.m ⁻² .K ⁻¹	
$l_g =$	5,00 m	
$\psi_g =$	0,03 W.m ⁻¹ .K ⁻¹	

OD4 – OKENNÍ OTVOR - 1500 x 500 mm		
$A_g =$	0,36 m ²	Uw = 0,942 W.m ² .K ⁻¹
$U_g =$	0,50 W.m ⁻² .K ⁻¹	
$A_f =$	0,39 m ²	
$U_f =$	1,04 W.m ⁻² .K ⁻¹	
$l_g =$	4,00 m	
$\psi_g =$	0,03 W.m ⁻¹ .K ⁻¹	

OD5 – OKENNÍ OTVOR - 1500 x 1500 mm		
$A_g =$	1,64 m ²	Uw = 0,727 W.m ² .K ⁻¹
$U_g =$	0,50 W.m ⁻² .K ⁻¹	
$A_f =$	0,61 m ²	
$U_f =$	1,04 W.m ⁻² .K ⁻¹	
$l_g =$	6,00 m	
$\psi_g =$	0,03 W.m ⁻¹ .K ⁻¹	

0D6 – OKENNÍ OTVOR - 2000 x 700 mm		
$A_g =$	1,11 m ²	$U_w =$ 0,743 W.m ² .K ⁻¹
$U_g =$	0,50 W.m ⁻² .K ⁻¹	
$A_f =$	0,29 m ²	
$U_f =$	1,04 W.m ⁻² .K ⁻¹	
$l_g =$	6,10 m	
$\psi_g =$	0,03 W.m ⁻¹ .K ⁻¹	

2.2.3 POSOUZENÍ KONSTRUKCÍ

Téměř všechny konstrukce byly navrženy tak, aby jejich hodnota součinitele prostupu tepla vyhovovala na doporučenou hodnotu pro pasivní budovy. Pouze dvě výplňové konstrukce na tyto hodnoty nevyhovují. Doporučené hodnoty jsou převzaty z ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. [18]

Tabulka 3 - Posouzení součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na doporučené hodnoty

OZN.	NÁZEV KONSTRUKCE	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA									
		Hodnota posuzované konstrukce		Požadované hodnoty		Doporučené hodnoty		Doporučené hodnoty pro pasivní budovy		Doporučené hodnoty (horní mez)	
		U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{N,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{rec,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{pas,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{rec,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{pas,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{rec,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{pas,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{rec,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{pas,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]
PDL1	Podlaha na terénu - mokrý provoz	0,211	0,45	VYHOVÍ	0,30	VYHOVÍ	0,22	VYHOVÍ	0,15	NEVYHOVÍ	
PDL2	Podlaha na terénu - suchý provoz	0,211	0,45	VYHOVÍ	0,30	VYHOVÍ	0,22	VYHOVÍ	0,15	NEVYHOVÍ	
PDL3	Podlaha na terénu - učebny	0,207	0,45	VYHOVÍ	0,30	VYHOVÍ	0,22	VYHOVÍ	0,15	NEVYHOVÍ	
STR1	Stropní konstrukce - mokrý provoz	0,396	2,20	VYHOVÍ	1,45	VYHOVÍ	-	NEDEF.	-	NEDEF.	
STR2	Stropní konstrukce - suchý provoz	0,395	2,20	VYHOVÍ	1,45	VYHOVÍ	-	NEDEF.	-	NEDEF.	
STR3	Stropní konstrukce - učebny	0,382	2,20	VYHOVÍ	1,45	VYHOVÍ	-	NEDEF.	-	NEDEF.	
SCH 1	Jednoplášťová plochá střecha	0,142	0,24	VYHOVÍ	0,16	VYHOVÍ	0,15	VYHOVÍ	0,10	NEVYHOVÍ	
SN1	Vnitřní nenosná konstrukce 115 mm	1,385	2,70	VYHOVÍ	1,80	VYHOVÍ	-	NEDEF.	-	NEDEF.	
SN2	Vnitřní nosná konstrukce 300 mm	0,585	2,70	VYHOVÍ	1,80	VYHOVÍ	-	NEDEF.	-	NEDEF.	
SN3	Vnitřní nenosná konstrukce 140 mm	1,253	2,70	VYHOVÍ	1,80	VYHOVÍ	-	NEDEF.	-	NEDEF.	
SO1	Obvodová nosná konstrukce 300 mm	0,168	0,30	VYHOVÍ	0,25	VYHOVÍ	0,18	VYHOVÍ	0,12	NEVYHOVÍ	
DO1	Vchodové dveře - 1000 x 2600 mm	0,823	1,70	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,90	VYHOVÍ	-	NEDEF.	
DO2	Vchodové dveře - 2000 x 2600 mm	0,708	1,70	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,90	VYHOVÍ	-	NEDEF.	
OD1	Okenní otvor 2000 x 2500 mm	0,652	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,80	VYHOVÍ	0,60	NEVYHOVÍ	
OD2	Okenní otvor 1000 x 500 mm	0,985	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,80	NEVYHOVÍ	0,60	NEVYHOVÍ	
OD3	Okenní otvor 1000 x 1500 mm	0,781	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,80	VYHOVÍ	0,60	NEVYHOVÍ	
OD4	Okenní otvor 1500 x 500 mm	0,942	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,80	NEVYHOVÍ	0,60	NEVYHOVÍ	
OD5	Okenní otvor 1500 x 1500 mm	0,727	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,80	VYHOVÍ	0,60	NEVYHOVÍ	
OD6	Okenní otvor 2000 x 700 mm	0,743	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,80	VYHOVÍ	0,60	NEVYHOVÍ	
DN1	Vnitřní dveře 1700 x 2020 mm	1,700	-	NEDEF.	-	NEDEF.	-	NEDEF.	-	NEDEF.	
DN2	Vnitřní dveře 1000 x 2020 mm	1,700	-	NEDEF.	-	NEDEF.	-	NEDEF.	-	NEDEF.	
DN3	Vnitřní dveře 900 x 2020 mm	1,700	-	NEDEF.	-	NEDEF.	-	NEDEF.	-	NEDEF.	
DN4	Vnitřní dveře 800 x 2020 mm	1,700	-	NEDEF.	-	NEDEF.	-	NEDEF.	-	NEDEF.	
DN5	Vnitřní okno 1000 x 1200 (výdej obědů)	1,700	-	NEDEF.	-	NEDEF.	-	NEDEF.	-	NEDEF.	

2.3 CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VYTÁPĚNÉHO PROSTORU

Výpočet tepelných ztrát byl proveden dle ČSN EN 12 831. Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. [20]

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru Φ_i se vypočítá z rovnice:

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i}$$

kde:

$\phi_{T,i}$ je návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W];

$\phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

Návrhová tepelná ztráta prostupem

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\phi_{T,i}$ se pro vytápěný prostor vypočítá:

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

kde:

$H_{T,ie}$ je měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy [W/K];

$H_{T,iue}$ měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru [W/K];

$H_{T,ig}$ měrná tepelná ztráta do zeminy [W/K];

$H_{T,ij}$ měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou [W/K];

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota [°C];

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C].

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy $H_{T,ie}$ se vypočítá:

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$$

kde:

A_k je plocha stavební části [m²];

U_{kc} korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části, který zahrnuje lineární tepelné mosty [W/m².K];

e_k korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů jako je různé oslunění apod., základní hodnota činí 1 [-].

Korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části ΔU se vypočítá:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U$$

kde:

U_k je součinitel prostupu tepla stavební části [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$];

ΔU korekční součinitel, zohledňující vliv tepelných vazeb [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$], viz tabulka 4.

Tabulka 4 - Hodnoty korekčního součinitele pro typy budov

Korekční součinitel ΔU [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]	Typ budovy
0,00	Bez tepelných mostů
0,02	Téměř bez tepelných mostů
0,05	Mírné tepelné mosty
0,10	Běžné tepelné mosty

Měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru (ven přes nevytápěný prostor) $H_{T,iue}$ se vypočítá:

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$$

kde:

b_u je teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi nevytápěným prostorem a venkovní návrhovou teplotou [-], závisející na druhu stavební části viz ČSN EN 12 831.

Teplotní redukční činitel b_u lze spočítat, pokud známe teplotu v nevytápěném prostoru θ_u pomocí vztahu:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

Měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$ se vypočítá:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_W \cdot \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$$

kde:

f_{g1} je korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty [-], dle ČSN EN 12831 roven 1,45;

f_{g2} teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou [-], který se stanoví jako:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

$U_{equiv,k}$ ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební [W/m².K], stanovený podle různé typologie podlahy;

G_w korekční činitel zohledňující vliv spodní vody [-]. Je-li předpokládaná hladina méně než 1 m od úrovně podlahy suterénu, uvažuje se 1,15. Jinak je roven 1.

Charakteristický parametr B' se stanoví jako:

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P}$$

kde:

A_g je plocha uvažované podlahové konstrukce [m²];

P obvod uvažované podlahové konstrukce [m]. Hodnota P pro budovu je celkový obvod budovy. Hodnota P pro výpočet části budovy je délka obvodových stěn oddělující vytápěný prostor uvažované části budovy od venkovního prostředí.

Měrná tepelná ztráta prostupem do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$ se vypočítá:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$$

kde:

f_{ij} je redukční teplotní činitel [-], činitel koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ souseďního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

A_k plocha stavební části [m²];

U_k součinitel prostupu tepla stavební části [W/m².K], účinky tepelných mostů se v tomto případě neuvažují.

Návrhová tepelná ztráta větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním $\phi_{V,i}$ pro vytápěný prostor se vypočte:

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

kde:

$H_{V,i}$ je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K];

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C];

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C].

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $H_{V,i}$ vytápěného prostoru se za předpokladu konstantního ρ a c_p vypočte:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i$$

kde:

V_i je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru [m³/h];

P hustota vzduchu při $\theta_{int,i}$ [kg/m³];

C_p měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$ [kJ/kg.K].

Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru V_i pro přirozené větrání se vypočítá:

$$V_i = (V_{inf,i}, V_{min,i})$$

kde:

$V_{inf,i}$ je objemový tok v důsledku proudění vzduchu štěrbinami a spárami pláště budovy [m³/h];

$V_{min,i}$ objemový tok požadovaný z hygienických důvodů [m³/h].

Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru V_i pro nucené větrání se vypočítá:

$$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} \cdot f_{vi} + V_{mech,inf,i}$$

kde:

$V_{inf,i}$ je množství vzduchu infiltrací ve vytápěné místnosti [m³/h];

$V_{su,i}$ množství přiváděného vzduchu do vytápěné místnosti [m³/h];

$V_{mech,inf,i}$ rozdíl množství mezi nuceně odváděným a přiváděným vzduchem z vytápěné místnosti [m³/h];

$f_{v,i}$ teplotní součinitel [-] vypočten ze vztahu:

$$f_{v,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

$\theta_{su,i}$ teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru [°C], při použití zpětného využití tepla se může $\theta_{su,i}$ vypočítat z účinnosti zařízení pro zpětné využití tepla.

Hygienické množství vzduchu $V_{min,i}$ se vypočítá:

Minimální množství vzduchu se požaduje z hygienických důvodů. Nejsou-li dostupné národní údaje, minimální množství vzduchu $V_{min,i}$ ve vytápěné místnosti se může stanovit podle:

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$$

kde:

n_{min} je minimální intenzita výměny venkovního vzduchu [h^{-1}];

V_i objem vytápěné místnosti vypočtený z vnitřních rozměrů [m^3/h].

Infiltrace obvodovým pláštěm budovy – množství vzduchu $V_{inf,i}$ se vypočítá:

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$$

kde:

n_{50} je intenzita výměny vzduchu [h^{-1}] při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu;

Tabulka 5 - Hodnoty vyjadřující intenzity výměny vzduchu

Větrání	$n_{50,N}$
Přirozené nebo kombinované	4,5
Nucené	1,5
Nucené se ZZT	1,0
Nucené se ZZT pro objekty se zvláště nízkou spotřebou pro vytápění	0,6

e_i stínící součinitel;

Tabulka 6 - Hodnoty stínícího součinitele

Poloha (třída zastínění)	e [-]		
	Bez oken	1 okno	Více oken
Nechráněná (žádné)	0	0,03	0,05
Průměrně chráněná (mírné zastínění)	0	0,02	0,03
Velmi chráněná (velké stínění)	0	0,01	0,02

ϵ_i výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země.

Tabulka 7 - Hodnoty výškového korekčního součinitele

Střed výšky místnosti od úrovně terénu	Korekční součinitel ϵ
0 až 10 m	1
nad 10 do 30 m	1,2
nad 30 m	1,5

2.3.1 ČÍSELNÝ VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Výpočet tepelných ztrát byl proveden pomocí softwaru PROTECH. V tomto objektu je zvolené nucené větrání pomocí ZZT, kdy teplota přiváděného vzduchu činí 20 °C. Hodnoty intenzit větrání čerstvým vzduchem je brán z vyhlášky č. 410/2005 Sb. ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb.

Tabulka 8 - Výpočet tepelných ztrát objektu

č.m.	účel	ti	Api	V _{ml}	V _{np}	V _{n50}	V _{mech}	Φ _{v,i}	Φ _{T,i}	Φ _{HL,i}
		[°C]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[W]	[W]	[W]
PRVNÍ PODLAŽÍ										
101	Zádveří I	18	9,80	34,70	0,00	1,40	17,00	3,00	117,00	119,00
102	Chodba I	18	27,40	97,30	0,00	3,90	49,00	6,00	-90,00	0,00
103	Sborovna	20	12,80	45,30	0,00	1,80	100,00	20,00	287,00	307,00
104	Předsíň I	20	2,60	9,10	0,00	0,00	25,00	0,00	26,00	26,00
105	WC I	20	2,80	10,00	0,00	0,00	50,00	0,00	33,00	33,00
106	Ředitelna	20	11,10	39,20	0,00	1,60	50,00	17,00	227,00	244,00
107	Archiv	18	2,40	8,70	0,00	0,30	3,00	1,00	29,00	30,00
108	CHODBA III	18	17,60	62,50	0,00	2,50	31,00	4,00	71,00	75,00
109	Technická místnost	15	27,60	97,90	0,00	5,90	28,00	6,00	-31,00	0,00
110	Zádveří II	18	7,70	27,20	0,00	1,60	14,00	7,00	324,00	331,00
111	Venkovní WC	20	4,60	16,30	0,00	0,70	50,00	7,00	126,00	133,00
112	Venkovní předsíň	18	4,70	16,70	0,00	1,00	25,00	11,00	229,00	240,00
113	Venkovní sklad hraček	18	6,80	24,20	0,00	1,00	7,00	5,00	13,00	18,00
114	Šatna zaměstnanců	20	7,80	27,70	0,00	0,00	28,00	0,00	111,00	111,00
115	PŘEDSÍŇ III	20	2,80	10,10	0,00	0,00	25,00	0,00	-26,00	0,00
116	WC II	20	2,50	8,90	0,00	0,00	50,00	0,00	46,00	46,00
117	Sprcha	24	2,00	7,10	0,00	0,30	150,00	207,00	216,00	424,00
118	Sklad várnic	18	7,00	24,90	0,00	1,00	7,00	5,00	-59,00	0,00
119	Přípravná jídl. II	20	17,60	62,60	0,00	0,00	313,00	0,00	141,00	141,00
120	Šatna zaměstnanců II	20	9,70	34,30	0,00	0,00	34,00	0,00	76,00	76,00
121	Předsíň III	20	2,00	7,10	0,00	0,00	25,00	0,00	4,00	4,00
122	WC III	20	1,80	6,40	0,00	0,00	50,00	0,00	21,00	21,00
123	Přezouvárna	20	7,50	26,60	0,00	1,60	29,00	17,00	235,00	252,00
124	Šatna dětí I	20	20,00	71,00	0,00	4,30	71,00	46,00	131,00	177,00
125	Umývárna I	24	18,00	63,90	0,00	3,80	630,00	904,00	511,00	1415,00
126	Sklad lehátek I	18	10,00	35,50	0,00	1,40	11,00	7,00	-56,00	0,00
127	SKLAD HRAČEK III	18	11,30	40,20	0,00	1,60	12,00	8,00	195,00	204,00
128	Lehárna + hl. místnost I	22	107,90	383,10	0,00	23,00	940,00	905,00	1688,00	2593,00
129	Komora I	18	3,80	13,40	0,00	0,00	4,00	-3,00	15,00	12,00
130	Schodiště	18	12,70	45,10	0,00	1,80	23,00	3,00	273,00	276,00
CELKEM PRO PRVNÍ PODLAŽÍ:			382,30	1357,00			2851,00	2186,00	4883,00	7308,00

DRUHÉ PODLAŽÍ										
201	Schodiště	18	12,70	47,60	0,00	0,00	24,00	-16,00	0,00	0,00
202	Komora II	18	4,30	16,00	0,00	0,00	5,00	-3,00	23,00	19,00
203	Chodba III	18	18,80	70,30	0,00	2,80	35,00	5,00	-72,00	0,00
204	Šatna zaměstnanců III	20	9,80	36,70	0,00	1,50	37,00	16,00	222,00	238,00
205	Šatna dětí II	20	20,60	77,10	0,00	4,60	77,00	50,00	154,00	205,00
206	Umývárna II	24	19,10	71,70	0,00	4,30	630,00	909,00	650,00	1559,00
207	Sklad lehátek II	18	9,50	35,70	0,00	1,40	11,00	7,00	-37,00	0,00
208	Sklad hraček III	18	9,50	35,70	0,00	1,40	11,00	7,00	117,00	124,00
209	Sklad židlí	18	9,20	34,40	0,00	2,10	10,00	14,00	261,00	275,00
210	Lehárna + hl.místnost II	22	86,60	324,70	0,00	19,50	940,00	864,00	1745,00	2610,00
211	Přípravná jídelna II	20	15,30	57,50	0,00	0,00	287,00	0,00	74,00	74,00
212	Předsíň IV	20	2,80	10,30	0,00	0,40	25,00	4,00	114,00	119,00
213	WC IV	20	2,20	8,30	0,00	0,00	50,00	0,00	36,00	36,00
214	WC V	20	2,00	7,60	0,00	0,30	50,00	3,00	77,00	80,00
215	Šatna dětí III	22	20,00	75,00	0,00	4,50	75,00	49,00	162,00	211,00
216	Umývárna III	24	18,00	67,50	0,00	4,00	630,00	906,00	576,00	1483,00
217	Sklad lehátek III	18	10,00	37,50	0,00	1,50	11,00	8,00	-48,00	0,00
218	Sklad hraček III	18	11,30	42,50	0,00	1,70	13,00	8,00	233,00	241,00
219	Lehárna + hl. místnost III	22	107,90	404,70	0,00	24,30	940,00	920,00	1873,00	2793,00
CELKEM PRO DRUHÉ PODLAŽÍ:			389,60	1460,80			3861,00	3751,00	6160,00	10067,00
CELKEM PRO OBJEKT:			771,90	2817,80			6712,00	5937,00	11043,00	17375,00

Tepelná ztráta objektu prostupem činí 11,04 kW a tepelná ztráta větráním je 5,94 kW. Celková tepelná ztráta objektu je 17,38 kW.

3 POSOUZENÍ BUDOVY NZEB

Od 1.1. 2020 je požadavek pro tzv. budovy s téměř nulovou spotřebou energie (NZEB) vyžadován u všech realizovaných budov. Podle vyhlášky 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov (se změnou 264/2020 Sb.) existují 2 konkrétní požadavky pro posouzení budov s téměř nulovou spotřebou energie. [55] [56]

První kritérium je definováno hodnotou redukčního činitele požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy. Tento redukční činitel f_R činí 0,7. Kritérium by měly splňovat jednotlivé konstrukce. Jestliže tento požadavek není splněn u všech konstrukcí, je možné spočítat průměrný součinitel prostupu tepla a ten musí být alespoň o 30 % lepší než $U_{N,20}$.

Druhým kritériem je požadavek na pokrytí spotřeby energie budovy ve značném rozsahu z obnovitelných zdrojů. Ve vyhlášce je tento požadavek konkrétně vyjádřen pomocí snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu $\Delta_{e,p,R}$ [%]. Pro jiné než bytové domy tato hodnota $\Delta_{e,p,R}$ činí 10 %.

Pro tyto účely byl spočten pouze průměrný součinitel prostupu tepla obálky vyhotovením energetického štítku obálky budovy. Druhé kritérium bude řešeno energetickým specialistou.

3.1 POSOUZENÍ PRVNÍHO KRITÉRIA

$$U_{em,R} \leq f_R \cdot U_{em,N,20,R} = 0,7 \cdot 0,42 = 0,29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\mathbf{0,19 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \leq 0,29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

Průměrný součinitel prostupu tepla podle energetického štítku vychází 0,19 W/m².K. Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ je 0,42 W/m².K. Přenásobením pomocí redukčního součinitele f_R vychází hodnota 0,29 W/m².K. Tudíž první kritérium pro splnění požadavků NZEB je splněno.

3.2 VÝPOČET PRŮMĚRNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA OBÁLKY BUDOVY

Protokol k energetickému štítku obálky budovy

Identifikační údaje

Druh stavby	Mateřská
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	škola
Katastrální území a katastrální číslo	Velké
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	Němčice 779229, č.kat. 114/8 Obec Velké Němčice
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník Adresa	Martin Švanda
Telefon / E-mail	Pomezí -/-

Charakteristika budovy

Objem budovy V - vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	4 122,7 m^3
Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	1 810,2 m^2
Objemový faktor tvaru budovy A / V	0,44 m^2/m^3
Typ budovy	ostatní
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{in}	20 °C
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e	-12 °C

Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A_i [m^2]	Součinitel (činitel) prostupu tepla U_i ($\sum \psi_{k,l,k} + \sum \chi_j$) [W/($m^2 \cdot K$)]	Požadovaný (doporučený) součinitel prostupu tepla U_N (U_{rec}) [W/($m^2 \cdot K$)]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]
OS1	741,6	0,17	()	1,00	126,1
SCH1	458,8	0,14	()	1,00	64,2
PDL1	458,8	0,21	()	0,47	45,3
D01	18,0	0,82	()	1,00	14,8
D02	5,2	0,708	()	1,00	3,7
OD1	80,0	0,65	()	1,00	52,0
OD2	5,0	0,98	()	1,00	5,0
OD3	16,5	0,78	()	1,00	12,9

OD4	6,7	0,94	()	1,00	6,3
OD5	18,0	0,70	()	1,00	13,1
OD6	1,4	0,72	()	1,00	1,0
			()		
Celkem	1810,0		()		344,4

Stanovení prostupu tepla obálky budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T	W/K	344,4
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$	W/(m²·K)	0,19
Požadavek ČSN 730540-2 byl stanoven: na základě hodnoty $U_{em,N,20}$ a působících teplot		
Výchozí požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 pro rozmezí θ_m od 18 do 22 °C $U_{em,N,20}$	W/(m ² ·K)	0,42
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rec}$	W/(m ² ·K)	0,32
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$	W/(m²·K)	0,42

Požadavek na stavebně energetickou vlastnost budovy je splněn.

Klasifikační třídy prostupu tepla obálky hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Veličina	Jednotka	Hodnota
A – B	$0,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,21
B – C	$0,75 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,31
C – D	$U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,42
D – E	$1,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,63
E – F	$2,0 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,84
F – G	$2,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	1,05

Klasifikace: A - velmi úsporná

Datum vystavení energetického štítku obálky budovy:

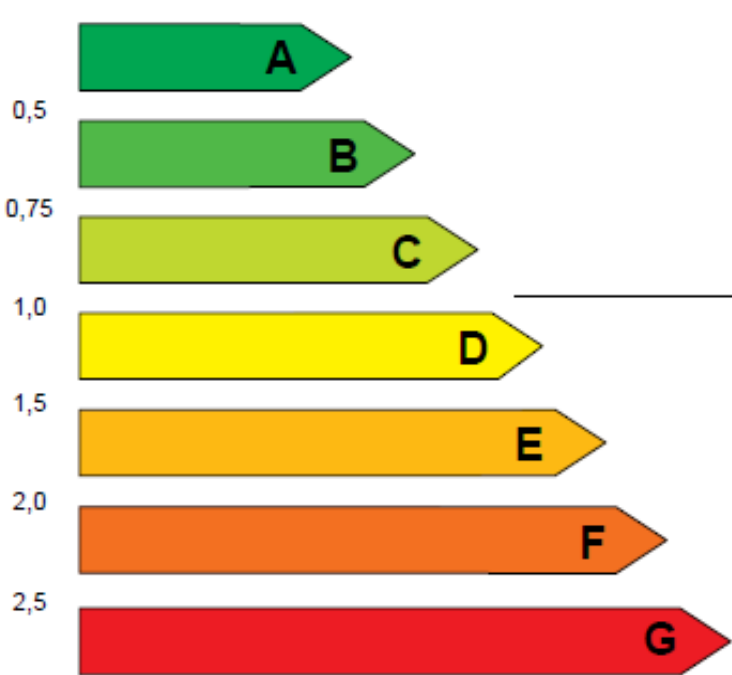
Zpracovatel energetického
štítku obálky budovy: IČ:
Zpracoval: Martin Švanda

Podpis:

.....

Tento protokol a stavebně energetický štítek obálky budovy odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a prEN 15217. Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540-2 a podle projektové dokumentace stavby dodané objednatelem.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

(Typ budovy, místní označení) (Adresa budovy)		Hodnocení obálky budovy	
Celková podlahová plocha $A_0 = 1\,278,1\text{ m}^2$		stávající	doporučení
<p><i>Cl</i> Velmi úsporná</p>  <p style="text-align: center;">Mimořádně neekonomická</p>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">0,45</div>	
KLASIFIKACE			
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2 \cdot K)$		$U_{em} = H_T / A$	0,19
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2		$U_{em,N}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$	0,42
Klasifikační ukazatele <i>Cl</i> a jim odpovídající hodnoty U_{em}			
<i>Cl</i>	0,50	0,75	1,00
U_{em}	0,21	0,31	0,42
Platnost štítku do:		Datum vystavení štítku:	
Štítek vypracoval(a):	(Jméno a příjmení)		
	(Kvalifikace)		

4 VARIANTA 1 – NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

Jako první variantu jsem zvolil, že objekt bude vytápěn pomocí deskových otopných těles, trubkových koupelnových žebříků a otopných konvektorů.

Výkon otopného tělesa (či více otopných těles $\sum Q_{TSKUT}$) Q_{TSKUT} musí být větší nebo roven návrhovému tepelnému výkonu dané místnosti.

4.1 VÝPOČET TEPELNÉHO SPÁDU TEPLONOSNÉ LÁTKY PRO OTOPNÁ TĚLESA

Pro výpočet tepelného spádu je nutné si vybrat jednu místnost, která má okenní otvor a má typické podmínky charakterizující typ budovy. Pro tento účel jsem si vybral místnost č. 103, což je sborovna. Prvně se vypočte střední teplota a poté se teprve určí teplotní spád. K hodnotě střední teploty se dostaneme pomocí těchto vzorců [21]:

Stanovení povrchové teploty okna t_{OK} na vnitřní straně:

$$U_{OK} \cdot (t_i - t_e) = \alpha_{i,OK} \cdot (t_i - t_{OK})$$

Kde:

U_{OK} je součinitel prostupu tepla okenní výplně [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$];

t_i návrhová teplota v místnosti [$^{\circ}C$];

t_e návrhová venkovní teplota [$^{\circ}C$];

$\alpha_{i,OK}$ součinitel celkového přestupu tepla (při sálání a proudění) na vnitřní straně okna [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$].

Pokud se délka okna L_{OK} [mm] rovná délce otopného tělesa L_{OT} [mm], tak vypočteme střední teplotu otopného tělesa t_{tm} [$^{\circ}C$] takto:

$$H_{OT} \cdot (t_{tm} - t_i) \geq H_{OK} \cdot (t_i - t_{OK})$$

Pokud se však délka otopného tělesa L_{OT} [mm] rovná přibližně 0,8násobku délky okna L_{OK} [mm], tak střední teplotu otopného tělesa t_{tm} [$^{\circ}C$] vypočteme takto:

$$L_{OT} \cdot H_{OT} \cdot (t_{tm} - t_i) \geq L_{OK} \cdot H_{OK} \cdot (t_i - t_{OK})$$

kde:

H_{OT} je výška otopného tělesa s ohledem na umístění pod parapetem [mm];

H_{OK} výška okenní výplně [mm].

Místnost 103

Jedná se o sborovnu, kde tepelná ztráta činí 307 W. Je zde okenní otvor o rozměrech 1500 x 1500 mm. Otopné těleso v této místnosti má délku 1400 mm a výšku 500 mm. Návrhová teplota v této místnosti je 20 °C.

Povrchová teplota okna t_{OK}

$$0,727 \cdot (20 - (-12)) = 8 \cdot (20 - t_{OK})$$

$$t_{OK} = 17,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Střední teplota otopného tělesa t_{tm}

$$1400 \cdot 500 \cdot (t_{tm} - 20) \geq 1500 \cdot 1500 \cdot (20 - 17,1)$$

$$t_{tm} \geq 29,32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

I když střední teplota otopného tělesa vyšla 29,32 °C, raději zvolím na stranu bezpečnou teplotní spád 45/35 °C. Zároveň teplotní spád nesmí být příliš velký, protože jako zdroj pro vytápění a přípravu teplé vody bude použito tepelné čerpadlo.

4.2 PŘEPOČET VÝKONU OTOPNÉHO TĚLESA

Pokud je potřeba změnit podmínky instalace a provozování těles, než je udáváno u výrobce, tak se mění i tepelný výkon daného otopného tělesa. Proto je nutné provést výpočet, aby nedošlo ke špatnému pokrytí tepelných ztrát místnosti. [21] [22]

Pro přepočítání výkonu Q_N na tepelný výkon Q_T při změněných teplotách závisí na teplotním podílovém součiniteli c [-], který se vypočítá:

$$c = \frac{t_{w2} - t_i}{t_{w1} - t_i}$$

Pokud $c \geq 0,7$ pak:

$$Q_T = Q_n \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_n} \right)^n$$

kde:

Q_n je jmenovitý tepelný výkon otopného tělesa (výkon udaný výrobcem);

Δt aritmeticky určený rozdíl teplot – pro nově určené podmínky:

$$\Delta t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i$$

Δt_n aritmetický určený rozdíl teplot – pro výchozí stav (podmínky od výrobce):

$$\Delta t_n = \frac{t_{w1n} + t_{w2n}}{2} - t_{in}$$

n teplotní exponent tělesa [-], v tabulce 9 jsou orientační hodnoty, pro výpočet byly použity hodnoty od výrobce;

t_{w1} teplota vstupní vody – pro nově určené podmínky [°C];

t_{w2} teplota výstupní vody – pro nově určené podmínky [°C];

t_i teplota okolního vzduchu (resp. vnitřní výpočtová teplota) [°C];

t_{w1n} teplota vstupní vody – pro výchozí stav (podmínky od výrobce) [°C];

t_{w2n} teplota výstupní vody – pro výchozí stav (podmínky od výrobce) [°C];

t_{in} teplota okolního vzduchu - pro výchozí stav (podmínky od výrobce) [°C].

Tabulka 9 - Hodnoty teplotního exponentu pro různé druhy otopných ploch

Typ otopné plochy	Teplotní exponent tělesa n [-]
Podlahová otopná plocha	1,10
Desková otopná tělesa	1,26 až 1,36
Trubková koupelňová otopná tělesa	1,20 až 1,30
Čláňková otopná tělesa	1,22 až 1,30
Konvektory bez ventilátoru	1,30 až 1,50
Konvektory s ventilátorem	1,05 až 1,20

Pokud $c < 0,7$ pak:

$$Q_T = Q_n \cdot \left(\frac{\Delta t_{ln}}{\Delta t_{ln,n}} \right)^n$$

kde:

Δt_{ln} je logaritmicky určený rozdíl teplot – pro nově určené podmínky:

$$\Delta t_{ln} = \frac{(t_{w1} - t_{w2})}{\ln \left[\frac{(t_{w1} - t_i)}{(t_{w2} - t_i)} \right]}$$

$\Delta t_{ln,n}$ logaritmicky určený rozdíl teplot – pro výchozí stav (podmínky od výrobce):

$$\Delta t_{ln,n} = \frac{(t_{w1n} - t_{w2n})}{\ln \left[\frac{(t_{w1n} - t_{in})}{(t_{w2n} - t_{in})} \right]}$$

4.3 SKUTEČNÝ VÝKON OTOPNÉHO TĚLESA

Skutečný výkon otopného tělesa Q_{TSKUT} se při zahrnutí všech působících vlivů spočítá:

$$Q_{TSKUT} = Q_T \cdot f_x \cdot f_o \cdot f_n \cdot f_p$$

kde:

Q_T je přepočtený tepelný výkon otopného tělesa [W];

f_x opravný součinitel na připojení tělesa [-];

f_o opravný součinitel na úpravu okolí [-];

f_n opravný součinitel na počet článků [-];

f_p opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru [-].

4.4 PŘEHLED NAVRŽENÝCH OTOPNÝCH TĚLES

Číslo místnosti	Účel místnosti	Návrhová teplota místnosti t_i [°C]	Tepelná ztráta místnosti Q_{cm} [W]	Otopné těleso		Výkon otopného tělesa pro spád [W]	Výkon otopného tělesa pro spád [W]	Počet	Celkový výkon pro spád			Součinitele ovlivňující výkon těles			Skutečný výkon otopného tělesa Q_{skut} [W]
				Typ otopného tělesa	Rozměry				45/35	W	[ks]	f_o	f_n	f_p	
PRVNÍ PATRO															
101	Zádvěří I	18	119	Vytápěno okolními místnostmi											
102	Chodba	18	0	Vytápěno okolními místnostmi											
103	Sborovna	20	307	Radik 11 VKM8	500/1400	1163	346	1	1	1	1	1	1	1	346
104	Předsiň I	20	26	Vytápěno okolními místnostmi											
105	WC I	20	33	Vytápěno okolními místnostmi											
106	Ředitelna	20	244	Radik 11 VKM8	500/1200	997	297	1	1	1	1	1	1	1	297
107	Archiv	18	30	Vytápěno okolními místnostmi											
108	Chodba	18	75	Vytápěno okolními místnostmi											
109	Technická místnost	15	0	Vytápěno okolními místnostmi											
110	Zádvěří II	18	331	Radik 20 VKM8	500/1200	1121	376	1	1	1	1	1	1	1	376
111	Venkovní WC	20	133	Radik 11 VKM8	900/1000	1432	414	1	1	1	1	1	1	1	414
112	Předsiň II	20	240	Vytápěno okolními místnostmi											
113	Sklad venk. hraček	18	18	Vytápěno okolními místnostmi											
114	Šatna zaměstnanců	20	111	Radik 11 VKM8	600/800	783	229	1	1	0,9	1	1	1	1	206
115	Předsiň III	20	0	Vytápěno okolními místnostmi											
116	WC II	20	46	Vytápěno okolními místnostmi											
117	Sprcha	24	424	Radik 33 VKM8	600/1000	2411	500	1	1	1	1	1	1	1	500
118	Sklad várníc	18	0	Vytápěno okolními místnostmi											
119	Příprava jídla I	20	141	Radik 11 VKM8	600/800	783	229	1	1	0,9	1	1	1	1	206
120	Šatna zaměstnanců II	20	76	Radik 11 VKM8	500/800	665	198	1	1	0,9	1	1	1	1	178
121	Předsiň IV	20	4	Vytápěno okolními místnostmi											
122	WC III	20	21	Vytápěno okolními místnostmi											
123	Přezouvárna	20	252	Radik 11 VKM8	700/800	903	263	1	1	1	1	1	1	1	263
124	Šatna dětí	20	177	Koraline LD	30/26/120	934	246	1	1	0,9	1	1	1	1	221
125	Umyvárna dětí	24	1415	Radik 22 VKM8	600/1400	2352	491	2	1	1	1	1	1	1	981
		24		KLMM	1820/750	1367	308	1	1	0,9	1	1	1	1	277
		24		KLMM	1820/750	1367	308	1	1	1	1	1	1	1	293
126	Sklad lehátek I	18	0	Vytápěno okolními místnostmi											
127	Sklad hraček	18	204	Radik 11 VKM8	600/800	783	261	1	1	1	1	1	1	1	261

128	Lehárna + hl. místo	22	2593	Koraline LD 45/31/160	2708	636	2	1272	1	1	1	1	1	1272	
129	Komora	18	12	Koraline LD 45/31/180	3117	732	2	1464	1	1	1	1	1	1464	
130	Schodiště	18	276	Radik 21 VKM8 500/800	894	292	1	292	1	1	1	1	1	292	
PRVNÍ PARTO:				7308				7985				7849			
DRUHÉ PATRO															
201	Schodiště	18	0						Vytápěno okolními místnostmi						
202	Komora	18	19						Vytápěno okolními místnostmi						
203	Chodba III	18	0						Vytápěno okolními místnostmi						
204	Šatna zaměstnanců	20	238	Radik 11 VKM8 400/1200	820	249	1	249	1	1	1	1	1	249	
205	Šatna dětí II	20	205	Koraline LD 30/26/120	934	246	1	246	1	1	0,9	1	1	221	
206	Umyvárna II	24	1559	Radik 22 VKM8 900/1400	3269	665	1	665	1	1	1	1	1	665	
				Radik 22 VKM8 900/1400	3269	665	1	665	1	1	1	1	1	632	
				KLMM 1820/750	1367	308	1	308	1	1	0,9	1	1	277	
207	Sklad lehátek	18	0						Vytápěno okolními místnostmi						
208	Sklad hraček	18	124						Vytápěno okolními místnostmi						
209	Sklad židlí	18	275	Radik 11 VKM8 500/1200	997	338	1	338	1	1	1	1	1	338	
210	Lehárna + hlavní mís	22	2610	Koraline LD 45/31/160	2708	636	2	1272	1	1	1	1	1	1272	
				Koraline LD 45/31/180	3117	732	2	1464	1	1	1	1	1	1464	
211	Přípravná jídelna II	20	74						Vytápěno okolními místnostmi						
212	Předstřív	20	119	Radik 20 VKM8 700/800	978	283	1	283	1	1	1	1	1	283	
213	WC V	20	36						Vytápěno okolními místnostmi						
214	WC IV	20	80						Vytápěno okolními místnostmi						
215	Šatna dětí	20	211	Koraline LD 30/26/120	934	246	1	246	1	1	0,9	1	1	221	
216	Umyvárna III	24	1483	Radik 21 VKM8 900/1400	2523	502	2	1005	1	1	1	1	1	1005	
				KLMM 1820/750	1367	308	1	308	1	1	0,9	1	1	277	
				KLMM 1820/750	1367	308	1	308	1	1	1	1	1	293	
217	Sklad lehátek II	18	0						Vytápěno okolními místnostmi						
218	Sklad hraček III	18	241	Radik 11 VKM8 600/800	783	261	1	261	1	1	1	1	1	261	
219	Lehárna + hlavní mís	22	2793	Koraline LD 45/31/140	3117	732	4	2928	1	1	1	1	1	2928	
DRUHÉ PATRO:				10067				10547				10387			
CELKEM:				17375				18532				18236			

4.4.1 DETAILS NÁVRHU OTOPNÝCH TĚLES

Celkový výkon otopných těles v objektu je 18 236 W. Pro každé patro je použita samostatná větev. Protože může dojít k menšímu počtu dětí v mateřské škole a mohou být využívány pouze spodní prostory pro provoz.

Ve třídách by měla být použita otopná tělesa, která mají ochranou konstrukci, aby se zamezilo popálení a úrazům dětí. **Viz vyhláška 268/2009 Sb. § 38 (Ve stavbách se zvýšeným nebezpečím úrazu, zejména v předškolních a školských zařízeních, musí být instalovaná otopná tělesa opatřena ochrannými kryty, které však nesmí bránit řádnému sdílení tepla z otopných těles do okolí.)** V tomto případě použijí otopné lavice, které sice nejsou chráněné žádnou konstrukcí, ale jejich dřevěná deska bude mít zaoblené hrany, aby se zamezilo případnému nárazu na ostrou hranu. Zároveň budou desky využitelné, protože snesou statické zatížení a jsou vhodné k sezení. Nemůže ani dojít k popálení, protože otopná soustava pro otopná tělesa pracuje se spádem 45/35 °C. Aby bylo zamezeno manipulaci dětí s termostatickými hlavicemi na otopných lavicích, tak jsou na nich nastaveny pouze termostatické ventily. Před vstupem otopné větve do třídy je na potrubí osazen zónový regulační ventil, který je propojený s termostatem ve třídě. Termostat hlídá požadovanou teplotu v místnosti a podle toho reguluje průtok otopné vody do třídy.

4.5 TYPY POUŽITÝCH OTOPNÝCH TĚLES

4.5.1 TECHNICKÝ LIST DESKOVÝCH OTOPNÝCH TĚLES RADIK VKM8

RADIK VKM8, VKM8 - L, VKM8 - U

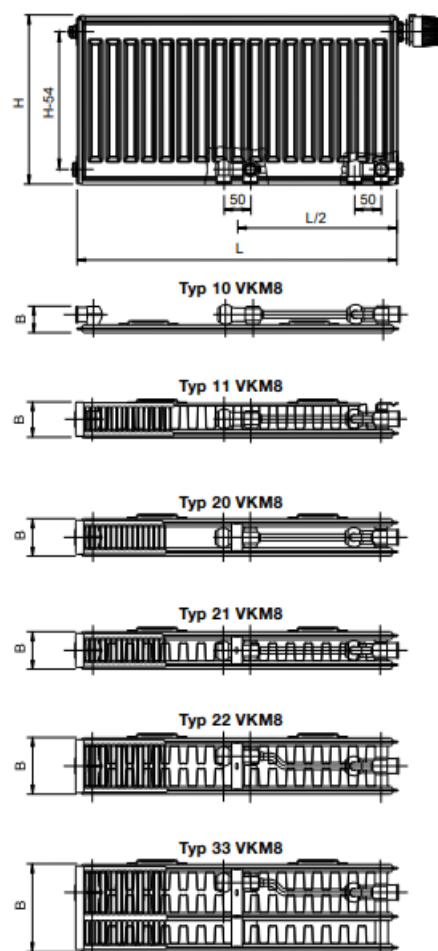
Výška H [mm]	Typ 10						Typ 11						Typ 20		
	300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900	500	600	700
Jmenovitý tepelný výkon [W/m]	375	476	572	665	753	922	533	683	831	979	1129	1432	934	1080	1222
Teplotní exponent n [-]	1,2945	1,3013	1,3081	1,3149	1,3210	1,3331	1,2583	1,2772	1,2962	1,3151	1,3198	1,3291	1,3093	1,3160	1,3259
K_{se}	2,3698	2,9291	3,4275	3,8801	4,2900	5,0100	3,8807	4,6184	5,2167	5,7078	6,4624	7,9039	5,5704	6,2745	6,8298
Hmotnost tělesa [kg/m]	6,6	8,4	10,4	12,4	15,2	17,7	10,9	13,3	16,6	19,7	23,6	29,3	21,2	25,3	29,5
Vodní objem [l/m]	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	4,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	4,5	5,3	6,2	7,0

Výška H [mm]	Typ 21						Typ 22						Typ 33					
	300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900
Jmenovitý tepelný výkon [W/m]	748	937	1118	1294	1466	1802	950	1204	1447	1680	1905	2335	1331	1716	2075	2411	2724	3286
Teplotní exponent n [-]	1,3135	1,3259	1,3384	1,3508	1,3602	1,3791	1,2985	1,3122	1,3260	1,3397	1,3468	1,3609	1,3190	1,3273	1,3357	1,3440	1,3529	1,3708
K_{se}	4,3884	5,2369	5,9503	6,5609	7,1646	8,1791	5,9103	7,0997	8,0841	8,8961	9,8112	11,3804	7,6425	9,5384	11,1610	12,5540	13,6984	15,4070
Hmotnost tělesa [kg/m]	15,1	19,6	23,0	27,3	31,5	41,2	17,8	23,5	26,6	32,0	37,1	48,1	26,3	34,8	39,8	47,7	55,3	71,9
Vodní objem [l/m]	3,7	4,5	5,3	6,2	7,0	8,7	3,7	4,5	5,3	6,2	7,1	8,9	5,4	6,7	8,0	9,3	10,5	13,0

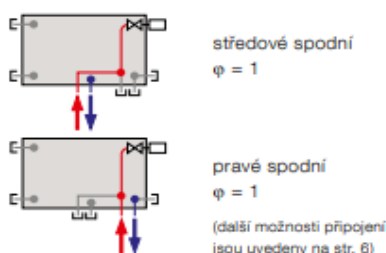
Technické údaje

Výška H	300, 400, 500, 600, 700, 900 mm
Délka L	400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2300, 2600, 3000 mm
Hloubka B	
Typ 10 VKM8	47 mm
Typ 11 VKM8	63 mm
Typ 20 VKM8	66 mm
Typ 21 VKM8	66 mm
Typ 22 VKM8	100 mm
Typ 33 VKM8	155 mm
Připojovací rozteč h	50 mm
Připojovací závit	8 x G 1/2" vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní přetlak	1,0 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Připojení otopného tělesa	středové spodní pravé spodní

Přehled typů



Způsoby připojení na otopnou soustavu



Obrázek 22 - Technické údaje pro otopné těleso RADIK VKM8 [23]

RADIK VKM8, VKM8 - L, VKM8 - U

TEPELNÝ VÝKON Q [W] PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

20 °C		Typ 10 VKM8 Typ 10 VKM8 - L					Typ 11 VKM8 Typ 11 VKM8 - L					Typ 20 VKM8 Typ 20 VKM8 - L Typ 20 VKM8 - U				
Délka L [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Výška H [mm]														
		300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900	500	600	700
400	75/65			229	266	301	369	213	273	332	392	452	573	374	432	489
	70/55			185	215	243	297	174	222	269	316	364	462	302	349	394
	55/45			117	136	153	187	112	142	171	200	230	290	191	221	248
	45/40			81	93	105	127	78	99	118	137	157	198	131	151	170
500	75/65	168	238	295	333	377	461	267	342	418	490	565	718	467	540	611
	70/55	152	193	231	269	304	371	217	277	337	395	456	577	377	436	493
	55/45	97	122	147	170	192	233	140	178	214	250	288	363	239	276	310
	45/40	67	84	101	116	131	159	98	123	148	171	197	248	164	189	212
600	75/65	225	306	343	399	452	553	320	410	499	587	677	859	560	648	733
	70/55	182	231	277	322	365	445	261	333	404	474	547	692	453	523	591
	55/45	116	147	176	204	230	280	168	213	257	300	345	436	287	331	372
	45/40	80	101	121	140	157	191	117	148	177	206	236	297	197	227	254
700	75/65			400	466	527	645	373	478	582	685	790	1002	654	756	855
	70/55			324	376	425	520	304	388	471	553	638	808	528	610	690
	55/45			205	238	268	327	196	249	300	350	403	508	335	386	435
	45/40			141	163	184	223	137	172	207	240	275	347	230	264	297
800	75/65			458	532	602	738	426	546	665	783	903	1146	747	864	978
	70/55			370	430	486	594	348	444	539	632	729	923	604	698	788
	55/45			235	272	307	373	224	285	343	400	460	581	383	441	497
	45/40			161	186	210	254	156	197	236	274	315	396	263	302	339
900	75/65			515	599	678	830	480	615	748	881	1018	1289	841	972	1100
	70/55			416	483	547	668	391	499	606	712	820	1038	679	785	887
	55/45			264	306	345	420	252	320	386	450	518	654	431	496	559
	45/40			181	209	236	286	176	222	266	308	354	446	295	340	382
1000	75/65			572	668	753	922	533	683	831	979	1129	1432	934	1080	1222
	70/55			462	537	608	742	434	555	673	791	911	1154	755	872	985
	55/45			293	340	383	467	280	356	429	500	575	726	478	551	621
	45/40			201	233	262	318	195	246	295	345	394	495	328	376	424
1100	75/65			629	732	828	586	751	914	1077	1242	1575	1027	1185	1344	
	70/55			509	591	668	478	610	740	870	1002	1269	830	959	1084	
	55/45			323	374	422	308	391	471	550	633	799	526	607	683	
	45/40			221	256	288	215	271	325	377	433	545	361	415	466	
1200	75/65			686	795	904	640	820	997	1175	1355	1718	1121	1296	1466	
	70/55			555	644	729	521	666	808	949	1093	1385	906	1046	1182	
	55/45			352	408	460	336	427	514	600	690	871	574	662	745	
	45/40			242	279	315	234	296	354	411	472	595	394	453	509	
1400	75/65			801	931	1064	748	966	1163	1371	1581	2026	1326	1512	1711	
	70/55			647	752	851	608	777	942	1107	1275	1615	1057	1221	1379	
	55/45			411	476	537	392	498	600	700	805	1017	670	772	869	
	45/40			282	326	367	273	345	413	480	551	694	460	529	593	
1600	75/65			915	1064	1206	853	1093	1330	1566	1806	2291	1494	1728	1955	
	70/55			740	859	972	695	888	1077	1265	1458	1846	1208	1395	1576	
	55/45			469	544	614	448	569	686	800	900	1162	766	882	993	
	45/40			322	372	420	312	394	472	548	630	793	525	604	678	
1800	75/65			1030	1197	1355	969	1229	1496	1762	2032	1681	1944	2200		
	70/55			832	967	1094	782	999	1212	1423	1640	1359	1570	1773		
	55/45			528	611	690	504	640	771	900	1036	861	993	1117		
	45/40			362	419	472	351	443	531	617	708	591	680	763		
2000	75/65			1144	1330	1505	1086	1366	1662	1958	2258	1868	2160	2444		
	70/55			925	1074	1215	869	1110	1348	1581	1822	1510	1744	1970		
	55/45			586	679	767	561	711	857	1000	1151	957	1103	1242		
	45/40			403	465	524	390	493	590	685	787	657	755	848		
2300	75/65							1911	2352	2597		2148	2484	2811		
	70/55							1548	1818	2095		1736	2006	2266		
	55/45							986	1150	1323		1101	1266	1428		
	45/40							679	788	905		755	869	975		
2600	75/65															
	70/55															
	55/45															
	45/40															
3000	75/65															
	70/55															
	55/45															
	45/40															

Obrázek 23 - Technické údaje pro otopné těleso RADIK VKM8 [23]

RADIK VKM8, VKM8 - L, VKM8 - U



TEPELNÝ VÝKON Q [W] PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

20 °C		Typ 21 VKM8 Typ 21 VKM8 - L Typ 21 VKM8 - U						Typ 22 VKM8 Typ 22 VKM8 - L Typ 22 VKM8 - U						Typ 33 VKM8 Typ 33 VKM8 - L Typ 33 VKM8 - U					
Délka L [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Výška H [mm]																	
		300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900
400	75/65	299	375	447	518	588	721	380	482	579	672	762	934						
	70/55	242	302	360	416	470	576	308	389	467	541	612	749						
	55/45	153	190	226	260	293	356	196	246	294	339	383	466						
	45/40	106	130	154	176	198	240	135	169	201	231	260	315						
500	75/65	374	469	559	647	733	901	475	602	724	840	953	1168						
	70/55	302	378	450	519	588	720	385	486	583	676	765	936						
	55/45	191	238	282	325	366	445	245	308	368	424	479	583						
	45/40	131	163	192	220	247	300	166	211	251	286	325	394						
600	75/65	449	562	671	776	880	1081	570	722	858	1008	1143	1401						
	70/55	363	453	540	623	705	864	462	584	700	811	918	1123						
	55/45	229	286	339	389	439	535	294	370	441	508	574	699						
	45/40	157	195	230	264	297	359	202	253	301	346	390	473						
700	75/65	524	656	783	906	1026	1261	665	843	1013	1176	1334	1635						
	70/55	423	529	630	727	823	1008	536	681	817	946	1071	1310						
	55/45	268	333	395	454	512	624	343	431	515	593	670	816						
	45/40	183	228	269	308	346	419	236	296	351	403	456	551						
800	75/65	598	750	894	1030	1173	1442	760	963	1158	1344	1524	1858						
	70/55	483	604	720	831	940	1152	615	776	933	1081	1224	1497						
	55/45	306	381	451	519	585	713	392	493	588	678	766	932						
	45/40	210	260	307	352	396	479	269	336	402	461	520	630						
900	75/65	673	843	1006	1165	1319	1622	865	1084	1302	1512	1715	2102						
	70/55	544	680	810	935	1058	1296	692	875	1050	1216	1377	1685						
	55/45	344	428	508	584	659	802	440	554	662	763	862	1049						
	45/40	236	293	346	396	445	539	303	380	452	519	585	709						
1000	75/65	748	937	1118	1294	1466	1802	950	1204	1447	1680	1905	2335						
	70/55	604	755	899	1039	1175	1440	769	973	1166	1351	1531	1872						
	55/45	382	476	564	649	732	891	489	616	735	847	957	1165						
	45/40	262	325	384	440	495	599	337	422	502	576	650	788						
1100	75/65	823	1031	1230	1429	1613	1982	1045	1324	1582	1846	2096	2569						
	70/55	665	831	969	1143	1293	1584	846	1070	1283	1486	1684	2059						
	55/45	421	524	621	714	805	980	536	677	809	932	1053	1282						
	45/40	288	358	422	484	544	659	371	464	552	634	715	866						
1200	75/65	898	1124	1342	1553	1759	2162	1140	1445	1736	2016	2286	2802						
	70/55	725	906	1079	1247	1410	1728	923	1167	1400	1622	1837	2246						
	55/45	459	571	677	779	878	1069	587	739	882	1017	1149	1396						
	45/40	314	390	461	526	594	719	404	507	602	692	780	945						
1400	75/65	1047	1312	1565	1812	2052	2523	1330	1686	2026	2362	2667	3269						
	70/55	846	1058	1259	1455	1645	2016	1077	1362	1633	1892	2143	2620						
	55/45	535	666	790	909	1024	1247	685	862	1029	1186	1340	1631						
	45/40	367	455	538	616	693	839	472	591	703	807	910	1103						
1600	75/65	1197	1499	1789	2070	2346	2883	1520	1926	2315	2688	3048	3736						
	70/55	967	1209	1439	1662	1880	2304	1231	1556	1866	2162	2449	2995						
	55/45	612	762	903	1038	1171	1425	783	985	1176	1356	1532	1864						
	45/40	419	520	614	704	792	959	539	676	803	922	1040	1260						
1800	75/65	1346	1687	2012	2329	2639	1710	2167	2605	3024	3429	2396	3069	3735	4340	4903			
	70/55	1088	1360	1619	1870	2115	1385	1751	2100	2432	2755	1934	2489	3006	3488	3935			
	55/45	688	857	1016	1166	1317	881	1109	1323	1525	1723	1221	1568	1888	2184	2457			
	45/40	472	585	691	792	891	606	760	903	1038	1170	836	1070	1286	1484	1665			
2000	75/65	1496	1874	2236	2588	2932	1900	2408	2894	3360	3810	2662	3432	4190	4822	5448			
	70/55	1208	1511	1799	2078	2350	1539	1946	2333	2703	3061	2148	2766	3340	3876	4373			
	55/45	785	982	1129	1296	1464	979	1232	1470	1686	1915	1357	1742	2098	2427	2730			
	45/40	524	650	768	880	990	674	845	1004	1153	1300	909	1189	1428	1649	1850			
2300	75/65			2571	2976	3372	2185	2769	3328	3864	4382	3061	3947						
	70/55			2069	2390	2703	1769	2237	2683	3108	3520	2471	3181						
	55/45			1298	1493	1683	1126	1417	1691	1949	2202	1561	2003						
	45/40			863	1012	1138	775	971	1154	1326	1495	1068	1368						
2600	75/65						2470	3130	3762	4366	4953	3461	4462						
	70/55						2000	2529	3033	3513	3979	2793	3596						
	55/45						1272	1601	1911	2203	2469	1764	2265						
	45/40						876	1096	1306	1499	1690	1207	1546						
3000	75/65						2850	3612	4341	5040	5715	3993	5148						
	70/55						2308	2918	3499	4054	4592	3223	4149						
	55/45						1468	1848	2205	2542	2872	2036	2613						
	45/40						1011	1267	1506	1729	1950	1393	1784						

Obrázek 24 - Technické údaje pro otopné těleso RADIK VKM8 [23]

4.5.2 TECHNICKÝ LIST TRUBKOVÝCH OTOPNÝCH TĚLES KORALUX LINEAR MAX-M.

KORALUX LINEAR MAX, LINEAR MAX - M



Konstrukce

KORALUX LINEAR MAX (KLM) je trubkové otopné těleso se **spodním připojením zdola dolů** s připojovací roztečí **h** odvozenou z jeho délky **L**. Konstrukce tělesa rovněž umožňuje **oboustranné připojení shora dolů**.

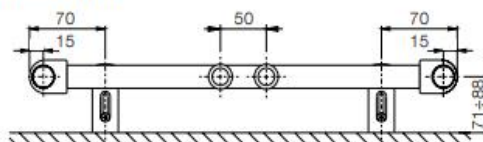
KORALUX LINEAR MAX - M (KLMM) je trubkové otopné těleso upravené pro **spodní středové připojení** s připojovací roztečí 50 mm.

Ocelové trubky \varnothing 24 mm
Ocelový profil 41 x 35 mm

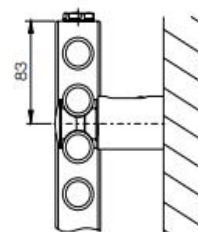
Technické údaje

Výška H	690, 900, 1215, 1495, 1810 mm
Délka L	450, 600, 750 mm
Hloubka B	35 mm
Připojovací rozteč (KLM)	h = L - 30 mm
Připojovací rozteč (KLMM)	50 mm
Připojovací závit (KLM)	4 x G 1/2 vnitřní
Připojovací závit (KLMM)	6 x G 1/2 vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní tlak	1,0 MPa
Zkušební tlak	1,3 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Průtokový součinitel (KLM)	$A_T = 2,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Průtokový součinitel (KLMM)	$A_T = 9,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2$
Součinitel odporu (KLM)	$\xi_T = 1,8$
Součinitel odporu (KLMM)	$\xi_T = 9,3$

Upevnění



Dodávaná souprava pro upevnění otopného tělesa na stěnu obsahuje 4 ks speciálních konzol z plastu, vruty, hmoždinky a návod na montáž.



Obrázek 25 - Technické údaje pro trubkové otopné těleso KORALUX [24]

KORALUX LINEAR MAX, LINEAR MAX - M

TEPELNÝ VÝKON Q [W]

PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

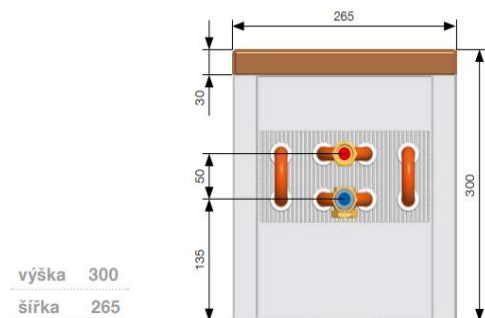
Typové označení	H [mm]	L [mm]	h [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Q [W] pro t ₁ /t ₂ [°C]					Jmenovitý tepelný výkon Q _n [W] (75/65/20°C)	Teplostupňový exponent n [-]	Hmotnost tělesa M _t [kg]	Vodní objem tělesa V _t [l]	Max. výkon při tep. tělesa P [W]
					15	18	20	22	24					
KLM 700.450 KLMM 700.450	690	450	420 50	75/65	360	336	320	304	299	320	1,2363	5,8	3,9	300
70/55				300	277	262	247	232						
55/45				206	184	170	156	143						
KLM 700.600 KLMM 700.600	690	600	570 50	75/65	475	443	422	401	380	422	1,2476	7,3	4,9	400
70/55				396	365	345	324	305						
55/45				270	242	223	205	187						
KLM 700.750 KLMM 700.750	690	750	720 50	75/65	591	551	524	498	472	524	1,2588	8,8	5,8	500
70/55				491	453	427	402	377						
55/45				334	299	275	253	230						
KLM 900.450 KLMM 900.450	900	450	420 50	75/65	463	432	411	391	370	411	1,2465	7,5	5,1	300
70/55				386	355	336	316	297						
55/45				263	236	217	200	182						
KLM 900.600 KLMM 900.600	900	600	570 50	75/65	612	570	543	516	489	543	1,2560	9,4	6,3	500
70/55				509	469	443	417	391						
55/45				347	310	286	262	239						
KLM 900.750 KLMM 900.750	900	750	720 50	75/65	759	707	673	639	606	673	1,2655	11,3	7,6	600
70/55				631	581	548	515	483						
55/45				429	383	353	323	294						
KLM 1220.450 KLMM 1220.450	1215	450	420 50	75/65	628	585	557	529	501	557	1,2627	10,4	7,0	500
70/55				522	481	454	427	400						
55/45				355	317	292	268	244						
KLM 1220.600 KLMM 1220.600	1215	600	570 50	75/65	831	774	736	699	662	736	1,2695	13,0	8,8	700
70/55				690	635	599	563	528						
55/45				468	418	385	353	321						
KLM 1220.750 KLMM 1220.750	1215	750	720 50	75/65	1031	960	913	867	821	913	1,2762	15,7	10,6	800
70/55				855	787	742	698	654						
55/45				579	517	476	436	396						
KLM 1500.450 KLMM 1500.450	1495	450	420 50	75/65	774	721	686	651	617	686	1,2689	12,7	8,6	600
70/55				643	592	558	525	492						
55/45				436	389	359	329	299						
KLM 1500.600 KLMM 1500.600	1495	600	570 50	75/65	1022	952	906	860	815	906	1,2647	15,9	10,8	800
70/55				849	782	738	694	651						
55/45				577	515	475	435	396						
KLM 1500.750 KLMM 1500.750	1495	750	720 50	75/65	1267	1181	1124	1068	1012	1124	1,2604	19,2	13,0	1000
70/55				1054	970	916	862	809						
55/45				717	640	590	541	493						
KLM 1820.450 KLMM 1820.450	1810	450	420 50	75/65	941	876	833	791	749	833	1,2760	15,5	10,6	700
70/55				780	718	677	637	597						
55/45				528	471	434	397	362						
KLM 1820.600 KLMM 1820.600	1810	600	570 50	75/65	1241	1157	1101	1046	991	1101	1,2592	19,6	13,3	1000
70/55				1032	951	897	844	792						
55/45				703	628	579	531	483						
KLM 1820.750 KLMM 1820.750	1810	750	720 50	75/65	1539	1435	1367	1299	1232	1367	1,2424	23,6	15,9	1200
70/55				1283	1183	1117	1052	988						
55/45				878	785	725	665	607						

Obrázek 26 - Technické údaje pro trubkové otopné těleso KORALUX [24]

4.5.3 TECHNICKÝ LIST LAVICOVÝCH KONVEKTORŮ S OTOPNOU DESKOU KORALINE LD

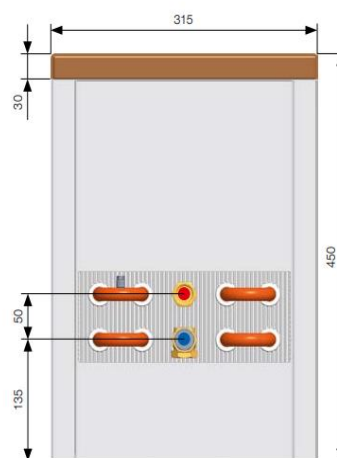
PŘEHLED TYPŮ

KORALINE s deskou



výška 300
šířka 265

Uvedené rozměry jsou v mm.



výška 450
šířka 315

Tepelné výkony [W] při $t_1/t_2/t_3 =$ při 75/65/20 °C ($\Delta t=50$),
65/55/20 °C ($\Delta t=40$) a 55/45/20 °C ($\Delta t=30$)/EN 442

KORALINE s deskou			
Délka	$t_1/t_2/t_3$ [°C]	Výška 300	Výška 450
		Šířka 265	Šířka 315
1 000	75/65/20	721	1483
	65/55/20	524	1088
	55/45/20	348	730
1 200	75/65/20	934	1891
	65/55/20	679	1388
	55/45/20	450	931
1 400	75/65/20	1147	2300
	65/55/20	834	1688
	55/45/20	553	1133
1 600	75/65/20	1360	2708
	65/55/20	989	1988
	55/45/20	656	1334
1 800	75/65/20	1573	3117
	65/55/20	1144	2287
	55/45/20	758	1535
2 000	75/65/20	1786	3525
	65/55/20	1299	2587
	55/45/20	861	1736
Teplotní exponent n [-]		1,4290	1,3864

Technické údaje

Výška lavice s krycí deskou	300, 450 mm
Šířka lavice s krycí deskou	265, 315 mm
Délka lavice s deskou	1 000, 1 200, 1 400, 1 600, 1 800, 2 000 mm
Výkon	od 721 do 3 525 W
Maximální provozní přetlak	1,2 MPa
Maximální provozní teplota	110 °C
Max. povrchová teplota	40 °C
Připojovací závit	vnitřní G 1/2"
Způsob připojení	spodní (doporučené), boční
Provedení krycí desky	dřevo – buk, dub, americký ořech

KORALINE Exclusive LD		
Výška [mm]	Výška 300	Šířka 450
Šířka [mm]	Šířka 265	Šířka 315
Teplotní exponent n [-]	1,4290	1,3864
K_M [-]	3,4882	8,3426
Charakteristická rovnice	$\phi = K_M \cdot \Delta T^n$	
Hmotnost tělesa [kg/m]	16,600	22,300
Vodní objem [l/m]	1,122	1,451
Účinná část výměníku [mm]	L-323	L-274

Obrázek 27 - Technické údaje pro otopné lavice KORALINE LD [25]

4.6 REGULOVÁNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY

Pro rozvody otopné soustavy byly použity převážně kompozitní plastohliníkové trubky. Vnitřní trubka je vyrobena z polyethylenu PE-RT se zvýšenou tepelnou odolností, a na ni je nanesen hliníkový plášť zajišťující stabilitu trubky a její nepropustnost pro kyslík. Vrchní vrstva je opět tvořena polyethylenem PE-RT. [26]

Technické vlastnosti kompozitní plasto-hliníkové trubky

Maximální provozní teplota:	110 °C max. 100 hodin / 15 bar 70 °C dlouhodobě
Maximální provozní tlak:	12 bar krátkodobě max. 1 rok 10 bar dlouhodobě
Drsnost vnitřního povrchu:	0,007 mm
Tepelná vodivost:	0,5 W/m.K
Lineární součinitel roztažnosti:	0,024 mm/m.K

Jelikož plastohliníkové trubky jsou vyráběny pouze do dimenze 40x3,5, tak jsem pro větší dimenze použil klasické měděné potrubí pro vytápění.

4.6.1 KOMPENZACE DÉLKOVÝCH ZMĚN

Před vyregulováním soustavy je ještě nutné vyřešit kompenzace potrubí, které mohou změnit délky potrubí. [27]

Rozdíl teplot při montáži a provozu potrubí způsobuje změnu jeho délky tím, že se prodlužuje a smršťuje. Jelikož je provozní teplota obecně vyšší než při montáži, tak se potrubí při provozu prodlužuje. Nejméně se prodlužuje ocelové potrubí. Naopak nejvíce se prodlužují plastová potrubí.

Velikost prodloužení Δl [mm] je dáno tímto vztahem:

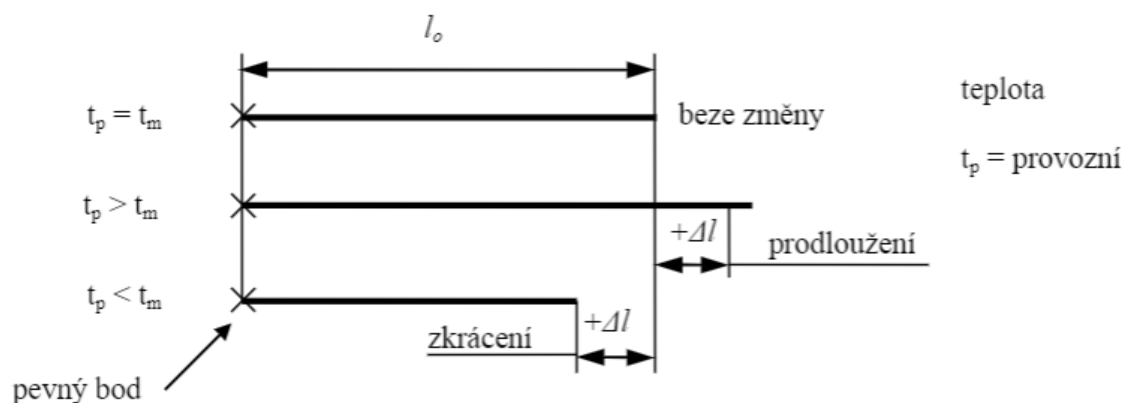
$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

kde:

α je součinitel délkové roztažnosti daného materiálu [mm/m.K], pro plastohliníkovou trubku činí 0,024 mm/mK.

l_0 kompenzační (výpočtová) délka [m];

Δt rozdíl mezi provozní a montážní teplotou [K].



Obrázek 28 - Smršťování/prodloužení trubky podle rozdílu mezi teplotou provozní a montážní

Pro plastohliníkové potrubí má firma Herz vytvořený přehledný graf, ze kterého lze odečíst Δl [mm]. Tento graf bude umístěn dále v této kapitole.

Kompensace lze provést zásadně dvěma způsoby:

- změnou směru vedení potrubí, tj. ohybovými kompenzátory
- v ose vedení potrubí, tj. osovými kompenzátory (což se nedělá u plastových potrubí)

Nejčastěji se navrhuje ohybové kompenzátory, což jsou pružná ramena. Ta se kombinují s vhodně rozmístěnými pevnými a kluznými body. Využívá se kolmých změn směru ve vedení potrubí a pružnosti materiálu. Podmínkou je zajištění osového pohybu potrubí z hlediska upevnění a dostatku prostoru pro posun.

Volná délka pružného ramene L_p [mm] je závislá na dimenzi potrubí a na délkové změně Δl odpovídající kompenzační délce l_0 . Hodnota L_p se určí ze vztahu:

$$L_p = C \cdot \sqrt{\Delta l \cdot d}$$

kde:

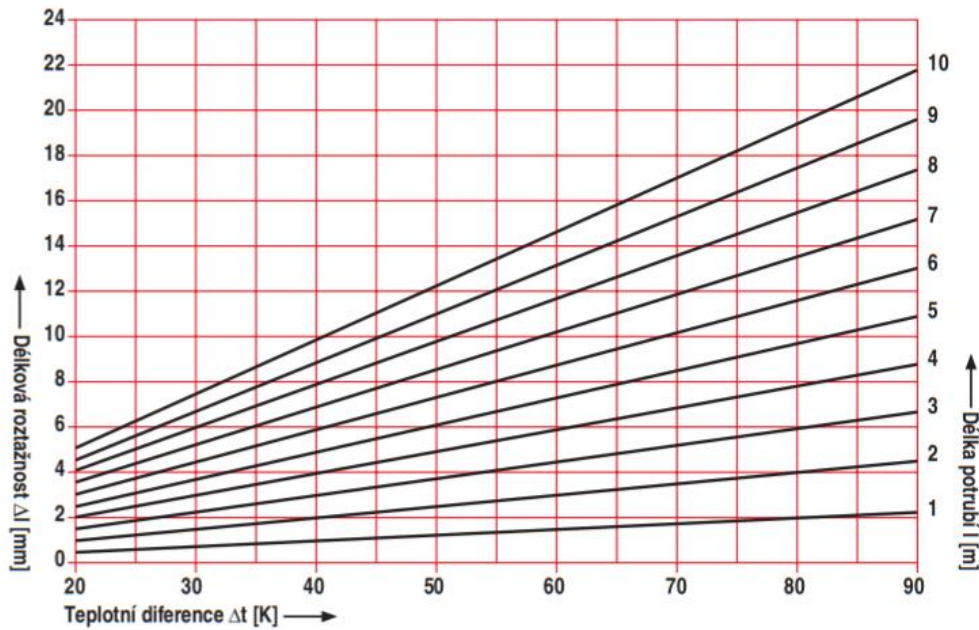
C je součinitel dle materiálu, pro plastohliníkové potrubí je tato hodnota 33;

Δl délkové prodloužení [mm];

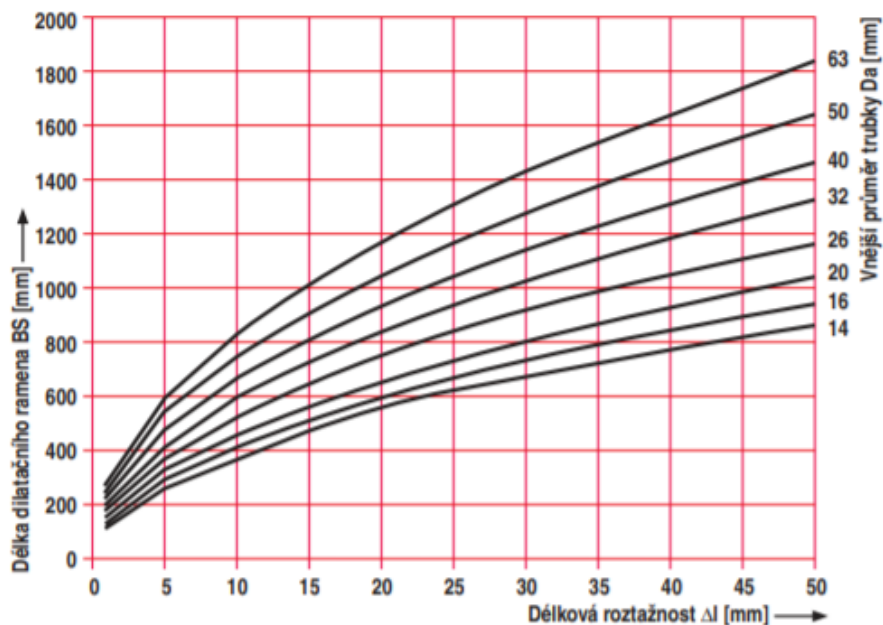
d vnější potrubí trubky [mm].

Důležité je však, aby volná délka L_P pružného ramene neobsahovala žádné upevnění omezující pohyb v libovolném směru, a aby nebyla překročena maximální dovolená rozteč kluzných bodů. Pro zamezení průhybu od vlastní hmotnosti v úseku L_P se používá podepření nebo speciálně řešené závěsy.

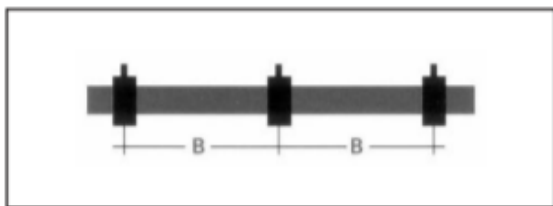
Graf pro určení délky dilatačního ramene a tabulku pro rozestupy mezi upevňovacími body od firmy Herz najdeme níže.



Obrázek 29 - Grafické znázornění pro zjištění délkové roztažnosti plastohliníkového potrubí Herz



Obrázek 30 - Grafické znázornění pro zjištění délky dilatačního ramene u plastohliníkového potrubí Herz

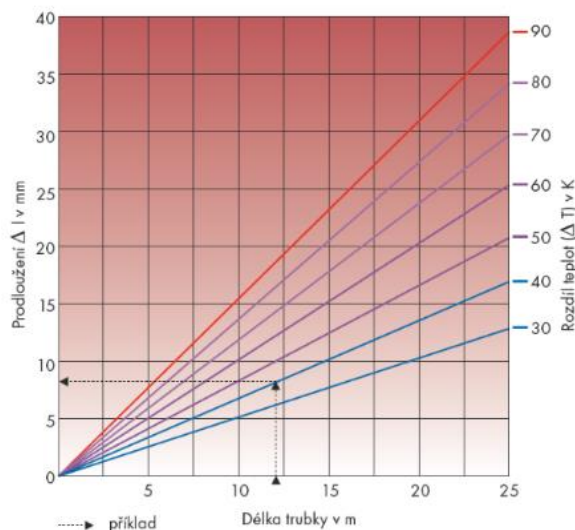


Dimenze (mm)	Vzdálenost B (m)	Dimenze (mm)	Vzdálenost B (m)
14	0,8	32	1,6
16	0,8	40	1,7
20	1	50	1,8
26	1,2	63	2

Obrázek 31 - Tabulka pro zjištění rozestupů mezi upevňovacími body

4.6.1.1 ROZTAŽNOST U MĚDĚNÉHO POTRUBÍ – TEPELNÁ DILATACE A KOMPENZACE DÉLKOVÝCH ZMĚN POTRUBÍ

Prodloužení měděného potrubí Δl se určí z grafu podle rozdílu teplot Δt studené a teplé trubky a dané délky. Popisovaný graf je následující.



Obrázek 32 - Graf pro zjištění prodloužení měděné trubky

Pro dilataci rovinných dlouhých úseků se používají osové nebo ohybové kompenzátory.

U ohybového kompenzátoru je minimální vzdálenost uchycení, kterou musí mít úchytky trubky před obloukem, závislá na velikosti prodloužení Δl trubky a na průměru trubky d .

Tabulka 10 - Prodloužení měděné trubky

Vnější průměr trubky d [mm]	Prodloužení trubky Δl [mm]			
	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm
	Minimální délka ramene L_p [mm]			
12	475	670	820	950
15	530	750	920	1060
18	580	820	1000	1160
22	640	910	1110	1280
28	725	1025	1250	1450
35	810	1145	1400	1620
42	890	1250	1540	1780
54	1010	1420	1740	2010
64	1095	1549	1897	2191
76,1	1195	1689	2069	2389
88,9	1291	1826	2236	2582
108	1423	2012	2465	2846
133	1579	2233	2735	3158
159	1727	2442	2991	3453
219	2026	2866	3510	4053
267	2237	3164	3875	4475

4.6.1.2 ZÁVĚR

Pokud byly úseky dlouhé více než 6–7 m, tak jsem provedl kompenzaci potrubí podle výše uvedené teorie a přiložených tabulek a grafů.

4.6.2 DIMENZOVÁNÍ OTOPNÝCH TĚLES

Uřídí se hlavní větev nejhůře položeného tělesa ke zdroji tepla či rozdělovači a sběrači.

Ve většině případů to je nejvzdálenější a nejvýše položené těleso. Ale ne vždy to platí. Někdy to může být na kratším úseku, ale s vyšším výkonem. [28] [29]

Pomocí výkonu Q se vypočte hmotnostní průtok M [kg/h] jednotlivých úseků:

$$M = \frac{Q}{c \cdot (t_{w1} - t_{w2})}$$

kde:

Q je přenášený výkon v daném úseku [W]

t_{w1} teplota přívodní otopné vody [°C];

t_{w2} teplota výstupní otopné vody [°C];

c měrná tepelná kapacita vody [kJ/kg.K]

Poté se určí světlosti potrubí a vypočte se rychlost proudící kapaliny a spočítají se tlakové ztráty třením, místními odpory a tlakové ztráty od armatur.

Tlakové ztráty třením Δp_λ [Pa]:

$$\Delta p_\lambda = R \cdot l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{d} \cdot \rho$$

kde:

R je měrná tepelná ztráta třením [Pa/m];

l délka potrubí [m];

w rychlost proudění vody v potrubí [m/s];

d vnitřní profil potrubí [m];

ρ hustota provozní otopné vody [°C];

λ součinitel tření [-].

Tlakové ztráty místními odpory Δp_{ξ} :

$$Z = \Delta p_{\xi} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

kde:

ξ je součinitel místního odporu [-].

Tlakové ztráty od ostatních armatur Δp_{rv} [Pa]:

$$\Delta p_{rv} = \left(\frac{M}{k_v} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{1000} \cdot 10^5$$

kde:

k_v je průtokový součinitel [m³/h].

Nakonec se snažíme pomocí těchto tlakových ztrát navrhnout soustavu tak, aby byla v rovnováze a otopná voda se dostala do všech těles.

Rovnice hydrauliky:

$$\Delta p_p + \Delta p_{\zeta} \geq \Delta p_{z0}$$

kde:

Δp_p je účinný tlak v okruhu [Pa];

Δp_{ζ} dopravní tlak oběhového čerpadla [Pa];

Δp_{z0} celková tlaková ztráta okruhu [Pa].

5 VARIANTA 2 - NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Jako druhou variantu jsem zvolil vytápění pomocí podlahového vytápění, protože mateřská škola je typ budovy, kde se tento způsob vytápění hodí. V prostorách, které nebude možné vytopit pomocí podlahového vytápění nebo nebudou pro tuto variantu vhodné, se doplní o otopná tělesa. Pro rozvody budou použity plastohliníkové trubky PE-RT. Trubky budou umístěny v roznášecí vrstvě, konkrétně v anhydritovém potěru. [30]

Technické vlastnosti plastohliníkové pětivrstvé trubky PE-RT

Maximální provozní teplota:	70 °C
Maximální délka okruhu:	120 m
Maximální provozní tlak:	10 bar

5.1 VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ:

Výpočet pro podlahové vytápění byl inspirován článkem na webových stránkách tzb-info.

Výpočet součinitele tepelné propustnosti na příslušné straně desky se provede tak, že se v ose trubky rozdělí konstrukce na 2 části. Konstrukce podlahy od trubky směrem nahoru U_A a směrem dolů U_B . Tyto součinitele se vypočtou následovně:

$$U_A = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_A} + \sum_1^n \frac{a_n}{\lambda_n}}$$
$$U_B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_b} + \sum_1^n \frac{b_n}{\lambda_n}}$$

kde:

U_A, U_B je součinitel tepelné propustnosti (směrem nahoru a směrem dolů) [W/m².K];

a,b tloušťka vrstvy na příslušné straně trubky [m];

α součinitel přestupu tepla na příslušné straně desky [W/ m².K];

λ tepelná vodivost materiálu příslušné vrstvy [W/ m².K].

Tabulka 11 - Součinitel přestupu tepla podle směru tepelného toku

Směr tepelného toku	Součinitel přestupu tepla [W/m ² .K]
Tepelný tok nahoru (tepelně aktivovaná konstrukce)	10,8
Tepelný tok do zeminy	1,7
Tepelný tok dolů	5,88

Pokud máme spočítané hodnoty U_A a U_B , jsou známy dimenze potrubí a víme, v jaké vrstvě bude potrubí uloženo, potom můžeme spočítat charakteristické číslo podlahy m [m⁻¹]:

$$m = \sqrt{\frac{U_A + U_B}{\pi^2 \cdot \lambda \cdot d}}$$

kde:

m je charakteristické číslo podlahy (pro desku se zabetonovanými trubkami) [m⁻¹];

d vnější profil potrubí [m];

λ tepelná vodivost vrstvy, v níž jsou otopné trubky uloženy [W/ m².K].

Při rozdílných teplotních podmínkách na obou stranách desky se střední teplota v rovině proložené osami zdrojů (idealizujeme si matematický prvek tak, že soustavu trubek nahrazujeme rovinnou deskou) spočítá takto:

$$t_s = t_i + (t_m - t_i) \cdot \frac{\tanh\left(m \cdot \frac{L}{2}\right)}{m \cdot \frac{L}{2}} - \frac{U_B}{U_B + U_A} \cdot \left(1 - \frac{\tanh\left(m \cdot \frac{L}{2}\right)}{m \cdot \frac{L}{2}}\right) \cdot (t_i - t_{iB})$$

kde:

t_i je výpočtová teplota v místnosti [°C];

t_m střední teplota otopné vody [°C];

$$t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}$$

m charakteristické číslo podlahy [m⁻¹];

L rozteč trubek [m];

t_{iB} výpočtová vnitřní teplota na nevytápěnou stranu (pod trubkami).

Průměrná povrchová teplota na vytápěnou stranu t_{pA} a na stranu nevytápěnou t_{pB} se vypočítá:

$$t_{pA,B} = \frac{U_{A,B}}{\alpha_{A,B}} \cdot (t_s - t_i) + t_{iB}$$

Měrný tepelný výkon otopné plochy směrem do vytápěné místnosti q_a se vypočte:

$$q_a = U_A \cdot (t_s - t_i) = \alpha_A \cdot (t_{pA} - t_i)$$

Měrný tepelný výkon otopné plochy ve směru dolů q_b se vypočte:

$$q_B = U_B \cdot (t_s - t_{iB}) = \alpha_B \cdot (t_{pB} - t_{iB})$$

Celková otopná plocha S_p [m²] pro místnost se určí pomocí vztahu:

$$S_p = \frac{Q_{HL,i}}{q_A}$$

kde:

$Q_{HL,i}$ je celková tepelná ztráta místnosti [W].

Výkon Q_p [W], který je vytvořen a jde směrem do místnosti se spočítá:

$$Q_p = q_A \cdot S'_p$$

kde:

S'_p je skutečná plocha, která vytápí místnost.

Výpočet tepelného příkonu Q_{ps} [W], který je nutné do otopné soustavy dodat. Tudiž součet tepla, které se dostane do místnosti sečtené s teplem ztrátovým se vypočte:

$$Q_{ps} = q_A \cdot S'_p + q_B \cdot S'_p$$

Pokud má otopný had zhuštěnou oblast, tak se jeho výpočet dělá obdobně. Jen s tím rozdílem, že se ve výpočtech změní rozteče potrubí a výkony či příkony se přičtou k výkonům, z nezhuštěné oblasti.

5.2 DIMENZOVÁNÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Celková tlaková ztráta vytápěného okruhu Δp_z [P] se vypočítá:

$$\Delta p_z = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi + \Delta p_{rv}$$

kde:

Δp_λ je tlaková ztráta třením [Pa];

Δp_z tlaková ztráta místními odpory [Pa];

Δp_{rv} tlaková ztráta od armatur [Pa].

Pomocí výkonu Q se vypočte hmotnostní průtok M [kg/h] jednotlivých úseků:

$$M = \frac{Q}{c \cdot (t_{w1} - t_{w2})}$$

kde:

Q je přenášený výkon v daném topném okruhu [W]

t_{w1} teplota přívodní otopné vody [°C];

t_{w2} teplota výstupní otopné vody [°C];

c měrná tepelná kapacita vody [kJ/kg.K]

VÝPOČET TLAKOVÉ ZTRÁTY TŘENÍM

Tlaková ztráta třením Δp_λ [Pa] se vypočítá pomocí vztahu:

$$\Delta p_\lambda = R \cdot l$$

kde:

R je měrná tepelná ztráta třením [Pa/m];

l délka potrubí [m], kde je nutné započítat nejen topný okruh, ale i přívodní a vratné potrubí od rozdělovače a sběrače.

TLAKOVÉ ZTRÁTY MÍSTNÍMI ODPORY

Tlakové ztráty místními odpory Δp_ξ se vypočítá:

$$Z = \Delta p_\xi = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

kde:

ξ je součinitel místního odporu [-];

w rychlost kapaliny proudící v topném okruhu [m/s];

ρ hustota proudící kapaliny [kg/m³].

TLAKOVÉ ZTRÁTY OD ARMATUR

Tlakové ztráty od ostatních armatur Δp_{rv} [Pa] se vypočítají dle vztahu:

$$\Delta p_{rv} = \left(\frac{M}{k_v}\right)^2 \cdot \frac{\rho}{1000} \cdot 10^5$$

kde:

k_v je průtokový součinitel [m³/h].

5.3 NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

5.3.1 SKLADBY PODLAH

PDL 1 - PODLAHA NA TERÉNU - MOKRÝ PROVOZ				
MATERIÁL	d	λ	R	α_p
	[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Součinitel přestupu tepla na vrchní straně	R = 1/ α_p		0,093	10,8
Keramická dlažba	0,010	1,01	0,010	
Lepidlo na bázi cementu	0,006	0,8	0,008	
Samonivelační anhydritová mazanina	0,050	1,2	0,042	
Skladba nad trubkou	16(18) x2 mm	$U_A =$	6,594	W.m ⁻² .K ⁻¹
Skladba pod trubkou		$U_B =$	0,197	W.m ⁻² .K ⁻¹
Samonivelační anhydritová mazanina	0,008	1,2	0,007	
Plastová fólie lehkého typu bez výztuže	0,0002	0,16	0,001	
Tepelněizolační desky EPS SD 150	0,170	0,038	4,474	
SBS asfaltový modifikovaný pás, vložka ze skleněných vláken	0,004	0,21	0,019	
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	R = 1/ α_p		0,588	1,7

PDL 2 - PODLAHA NA TERÉNU - SUCHÝ PROVOZ				
MATERIÁL	d	λ	R	α_p
	[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Součinitel přestupu tepla na vrchní straně	R = 1/ α_p		0,093	10,8
Keramická dlažba	0,010	1,01	0,010	
Lepidlo na bázi cementu	0,006	0,8	0,008	
Samonivelační anhydritová mazanina	0,052	1,2	0,043	
Skladba nad trubkou	16(18) x2 mm	$U_A =$	6,522	W.m ⁻² .K ⁻¹
Skladba pod trubkou		$U_B =$	0,197	W.m ⁻² .K ⁻¹
Samonivelační anhydritová mazanina	0,008	1,2	0,007	
Plastová fólie lehkého typu bez výztuže	0,0002	0,16	0,001	
Tepelněizolační desky EPS SD 150	0,170	0,038	4,474	
SBS asfaltový modifikovaný pás, vložka ze skleněných vláken	0,004	0,21	0,019	
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	R = 1/ α_p		0,588	1,7

PDL 3 - PODLAHA NA TERÉNU - UČEBNA				
MATERIÁL	d	λ	R	α_p
	[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Součinitel přestupu tepla na vrchní straně	R = 1/ α_p		0,093	10,8
Koberec	0,005	0,12	0,042	
Rychleschnoucí dvoukontaktní disperzní lepidlo	0,002	0,7	0,003	
Litá anhydritová mazanina	0,052	1,2	0,043	
Skladba nad trubkou	16(18) x2 mm	$U_A =$	5,542	W.m ⁻² .K ⁻¹
Skladba pod trubkou		$U_B =$	0,197	W.m ⁻² .K ⁻¹
Litá anhydritová mazanina	0,008	1,2	0,007	
Plastová fólie lehkého typu bez výztuže	0,0002	0,16	0,001	
Tepelněizolační desky EPS SD 150	0,170	0,038	4,474	
SBS asfaltový modifikovaný pás, vložka ze skleněných vláken	0,004	0,21	0,019	
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	R = 1/ α_p		0,588	1,7

STR1 - STROPNÍ KONSTRUKCE - MOKRÝ PROVOZ				
MATERIÁL	d	λ	R	α_p
	[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Součinitel přestupu tepla na vrchní straně	R = 1/ α_p		0,093	10,8
Keramická dlažba	0,010	1,01	0,010	
Lepidlo na bázi cementu	0,006	0,8	0,008	
Samonivelační anhydritová mazanina	0,044	1,2	0,037	
Skladba nad trubkou	16(18) x 2 mm	$U_A =$	6,818	W.m ⁻² .K ⁻¹
Skladba pod trubkou		$U_B =$	0,409	W.m ⁻² .K ⁻¹
Samonivelační anhydritová mazanina	0,008	1,2	0,007	
Polyethylenová fólie lehkého typu	0,0002	0,35	0,001	
Desky z kamenné vlny	0,080	0,039	2,051	
Předpjatý panel	0,250	1,16	0,216	
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	R = 1/ α_p		0,170	5,88

STR2 - STROPNÍ KONSTRUKCE - SUCHÝ PROVOZ				
MATERIÁL	d	λ	R	α_p
	[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Součinitel přestupu tepla na vrchní straně	R = 1/ α_p		0,093	10,8
Keramická dlažba	0,010	1,01	0,010	
Lepidlo na bázi cementu	0,006	0,8	0,008	
Samonivelační anhydritová mazanina	0,046	1,2	0,038	
Skladba nad trubkou	16(18) x 2 mm	$U_A =$	6,742	W.m ⁻² .K ⁻¹
Skladba pod trubkou		$U_B =$	0,409	W.m ⁻² .K ⁻¹
Samonivelační anhydritová mazanina	0,008	1,2	0,007	
Polyethylenová fólie lehkého typu	0,0002	0,35	0,001	
Desky z kamenné vlny	0,080	0,039	2,051	
Předpjatý panel	0,250	1,16	0,216	
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	R = 1/ α_p		0,170	5,88

STR3 - STROPNÍ KONSTRUKCE - UČEBNÝ				
MATERIÁL	d	λ	R	α_p
	[m]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[m ² .K.W ⁻¹]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Součinitel přestupu tepla na vrchní straně	R = 1/ α_p		0,093	10,8
Koberec	0,005	0,12	0,042	
Rychleschnoucí dvoukontaktní disperzní lepidlo	0,002	0,7	0,003	
Litá anhydritová mazanina	0,054	1,2	0,045	
Skladba nad trubkou	16(18) x 2 mm	$U_A =$	5,491	W.m ⁻² .K ⁻¹
Skladba pod trubkou		$U_B =$	0,409	W.m ⁻² .K ⁻¹
Litá anhydritová mazanina	0,008	1,2	0,007	
Polyethylenová fólie lehkého typu	0,0002	0,35	0,001	
Desky z kamenné vlny	0,080	0,039	2,051	
Předpjatý panel	0,250	1,16	0,216	
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	R = 1/ α_p		0,170	5,88

5.3.2 VÝPOČET VÝKONU A PŘÍKONU PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

č.m.	č. potrubí	Název místnosti	OBECNÉ ÚDAJE											Char. číslo podlahy				
			Teplota interiéru		Teplota ztráta místnosti		Teplota pod podlahovou kcí		Potrubí podlahového vytápění			Skladba podlahy	Tepečná vodivost vrstvy, v níž jsou otopné trubky		Součinitel přestupu tepla povrch	Součinitel přestupu tepla spodní	Tepečný proud směr nahoru	Tepečný proud směr dolů
			t _i [°C]	Q _{HL,WR} [W]	t _b [°C]	D [mm]	x [mm]	t [mm]	α _a [W/m ² .K]	α _s [W/m ² .K]	U _s [W/m ² .K]							
1. PATRO																		
103	A2	Sborovna	20	307	5	16	x	2				PDL3	1,2	10,8	1,7	5,542	0,197	7,78
104	A2t	Předstřih I	20	26	5	16	x	2				PDL1	1,2	10,8	1,7	6,594	0,197	8,47
105	A2t	WC I	20	33	5	16	x	2				PDL1	1,2	10,8	1,7	6,594	0,197	8,47
106	A1	Reditelna	20	244	5	16	x	2				PDL3	1,2	10,8	1,7	5,542	0,197	7,78
108	A4t	Chodba (Schodiště + Zádveří I)	18	395	5	16	x	2				PDL2	1,2	10,8	1,7	6,522	0,197	8,42
108	A3t	Chodba (Schodiště + Zádveří I)	18	395	5	16	x	2				PDL2	1,2	10,8	1,7	6,522	0,197	8,42
110	A10	Zádveří II	18	331	5	16	x	2				PDL2	1,2	10,8	1,7	6,522	0,197	8,42
111	A9	Venkovní WC	20	133	5	16	x	2				PDL1	1,2	10,8	1,7	6,594	0,197	8,47
112	A8	Venkovní předstřih	20	240	5	16	x	2				PDL1	1,2	10,8	1,7	6,594	0,197	8,47
114	A6	Šatna zaměstnanců	20	111	5	16	x	2				PDL2	1,2	10,8	1,7	6,522	0,197	8,42
116	A6t	WC II	20	46	5	16	x	2				PDL1	1,2	10,8	1,7	6,594	0,197	8,47
117	A6t	Sprcha	24	424	5	16	x	2				PDL1	1,2	10,8	1,7	6,594	0,197	8,47
119	A5t	Přípravná jídelna	20	141	5	16	x	2				PDL1	1,2	10,8	1,7	6,594	0,197	8,47
120	A5	Šatna zaměstnanců II	20	76	5	16	x	2				PDL2	1,2	10,8	1,7	6,522	0,197	8,42
123	A3	Přezouvací	20	252	5	16	x	2				PDL2	1,2	10,8	1,7	6,522	0,197	8,42
124	A4	Šatna dětí I	20	177	5	16	x	2				PDL2	1,2	10,8	1,7	6,522	0,197	8,42
125	B6	Umývárna I	24	1415	5	18	x	2				PDL1	1,2	10,8	1,7	6,594	0,197	7,98
128	B3	Lehárna + hlavní místnost	22	2593	5	18	x	2				PDL3	1,2	10,8	1,7	5,542	0,197	7,34
128	B4	Lehárna + hlavní místnost	22	2593	5	18	x	2				PDL3	1,2	10,8	1,7	5,542	0,197	7,34
128	B2	Lehárna + hlavní místnost	22	2593	5	18	x	2				PDL3	1,2	10,8	1,7	5,542	0,197	7,34
128	B1	Lehárna + hlavní místnost	22	2593	5	18	x	2				PDL3	1,2	10,8	1,7	5,542	0,197	7,34
2. PATRO																		
204	D2	Šatna zaměstnanců III	20	238	18	16	x	2				STR2	1,2	10,8	5,88	6,742	0,409	8,69
205	D1	Šatna dětí II	20	205	20	16	x	2				STR2	1,2	10,8	5,88	6,742	0,409	8,69
206	C1	Umývárna II	24	1559	18	18	x	2				STR1	1,2	10,8	5,88	6,818	0,409	8,23
210	C7	Lehárna + hlavní místnost II	22	2610	20	18	x	2				STR3	1,2	10,8	5,88	5,491	0,409	7,44
210	C6	Lehárna + hlavní místnost II	22	2610	20	18	x	2				STR3	1,2	10,8	5,88	5,491	0,409	7,44
210	C5	Lehárna + hlavní místnost II	22	2610	20	18	x	2				STR3	1,2	10,8	5,88	5,491	0,409	7,44
210	C4	Lehárna + hlavní místnost II	22	2610	20	18	x	2				STR3	1,2	10,8	5,88	5,491	0,409	7,44
212,213,214	D3	Předstřih + WC IV + WC V	20	235	20	16	x	2				STR1	1,2	10,8	5,88	6,818	0,409	8,73
215	D4	Šatna dětí III	20	211	20	16	x	2				STR2	1,2	10,8	5,88	6,742	0,409	8,69
216	E6	Umývárna III	24	1483	24	18	x	2				STR1	1,2	10,8	5,88	6,818	0,409	8,23
219	E3	Lehárna + hlavní místnost III	22	2793	22	18	x	2				STR3	1,2	10,8	5,88	5,491	0,409	7,44
219	E4	Lehárna + hlavní místnost III	22	2793	22	18	x	2				STR3	1,2	10,8	5,88	5,491	0,409	7,44
219	E2	Lehárna + hlavní místnost III	22	2793	22	18	x	2				STR3	1,2	10,8	5,88	5,491	0,409	7,44
219	E1	Lehárna + hlavní místnost III	22	2793	22	18	x	2				STR3	1,2	10,8	5,88	5,491	0,409	7,44

č. m.	VÝPOČET PRO HLAVNÍ OBLAST												
	Hlavní rozteč trubek	Střední teplota v ose trubek	Průměrná povrchová teplota na vytápěnou stranu	Průměrná povrchová teplota na vytápěnou stranu	Průměrná teplota na vytápěnou stranu	Průměrná teplota na vytápěnou stranu	Průměrná teplota na vytápěnou stranu	Měrný tepelný výkon ve směru nahoru	Ztrátový výkon ve směru dolů	Osová vzdálenost krajní trubky od stěny	Potřebná otopná podlahová plocha	Čistá otopná podlahová plocha	Tepelný výkon ot. plochy směrem nahoru
	L [m]	t _s [°C]	t _{pa} [°C]	t _{pb} [°C]	q _a [W/m ²]	q _b [W/m ²]	r' [m]	S _p [m ²]	S _p [m ²]	r' [m]	S _p [m ²]	S _p [m ²]	Q _p [W]
1. PATRO													
103	0,30	33,25	26,80	8,27	73,43	5,55	0,30	4,2	5,40	0,30	4,2	5,40	396,54
104	0,20	35,39	29,40	8,51	101,47	5,97	0,27	0,3	0,78	0,27	0,3	0,78	79,15
105	0,20	35,39	29,40	8,51	101,47	5,97	0,27	0,3	0,81	0,27	0,3	0,81	82,19
106	0,30	33,25	26,80	8,27	73,43	5,55	0,30	3,3	4,59	0,30	3,3	4,59	337,06
108	0,15	36,55	29,20	8,65	120,97	6,20	0,27	3,3	1,70	0,27	3,3	1,70	205,65
108	0,15	36,55	29,20	8,65	120,97	6,20	0,27	3,3	1,66	0,27	3,3	1,66	200,81
110	0,30	32,04	26,48	8,13	91,57	5,31	0,27	3,6	4,67	0,27	3,6	4,67	427,62
111	0,10	37,92	30,94	8,80	118,14	6,47	0,27	1,1	1,76	0,27	1,1	1,76	207,92
112	0,10	37,92	30,94	8,80	118,14	6,47	0,27	2,0	2,62	0,27	2,0	2,62	309,52
114	0,30	32,67	27,65	8,20	82,65	5,44	0,27	1,3	2,20	0,27	1,3	2,20	181,82
116	0,10	37,92	30,94	8,80	118,14	6,47	0,27	0,4	0,64	0,27	0,4	0,64	75,61
117	0,10	38,13	32,63	8,83	93,19	6,51	0,27	4,5	0,45	0,27	4,5	0,45	41,94
119	0,30	32,63	27,71	8,19	83,29	5,43	0,27	1,7	2,25	0,27	1,7	2,25	187,41
120	0,30	32,67	27,65	8,20	82,65	5,44	0,27	0,9	1,77	0,27	0,9	1,77	177,69
123	0,30	32,67	27,65	8,20	82,65	5,44	0,27	3,0	4,01	0,27	3,0	4,01	331,41
124	0,30	32,67	27,65	8,20	82,65	5,44	0,27	2,1	3,06	0,27	2,1	3,06	252,90
125	0,10	38,22	32,68	8,84	93,79	6,53	0,29	15,1	9,00	0,29	15,1	9,00	844,09
128	0,30	34,21	28,26	8,38	67,66	5,74	0,31	38,3	14,92	0,31	38,3	14,92	1009,51
128	0,30	34,21	28,26	8,38	67,66	5,74	0,31	38,3	11,70	0,31	38,3	11,70	791,64
128	0,30	34,21	28,26	8,38	67,66	5,74	0,31	38,3	12,20	0,31	38,3	12,20	825,47
128	0,30	34,21	28,26	8,38	67,66	5,74	0,31	38,3	10,50	0,31	38,3	10,50	710,44
2. PATRO													
204	0,30	32,54	27,83	19,01	84,52	5,95	0,26	2,8	3,75	0,26	2,8	3,75	316,96
205	0,30	32,58	27,85	20,88	84,78	5,15	0,26	2,4	3,00	0,26	2,4	3,00	254,35
206	0,10	38,19	32,96	19,40	96,74	8,26	0,28	16,1	9,80	0,28	16,1	9,80	948,07
210	0,30	34,24	28,22	20,99	67,22	5,83	0,31	38,8	9,95	0,31	38,8	9,95	668,84
210	0,30	34,24	28,22	20,99	67,22	5,83	0,31	38,8	10,77	0,31	38,8	10,77	723,97
210	0,30	34,24	28,22	20,99	67,22	5,83	0,31	38,8	11,39	0,31	38,8	11,39	765,64
210	0,30	34,24	28,22	20,99	67,22	5,83	0,31	38,8	9,95	0,31	38,8	9,95	668,84
212,213,214	0,15	36,68	30,53	21,16	113,73	6,82	0,26	2,1	3,04	0,26	2,1	3,04	345,74
215	0,30	32,58	27,85	20,88	84,78	5,15	0,26	2,5	3,52	0,26	2,5	3,52	298,44
216	0,10	38,21	32,97	24,99	96,86	5,81	0,28	15,3	9,00	0,28	15,3	9,00	871,78
219	0,30	34,28	28,24	22,85	67,43	5,02	0,31	41,4	14,92	0,31	41,4	14,92	1006,08
219	0,30	34,28	28,24	22,85	67,43	5,02	0,31	41,4	11,70	0,31	41,4	11,70	788,95
219	0,30	34,28	28,24	22,85	67,43	5,02	0,31	41,4	12,20	0,31	41,4	12,20	822,67
219	0,30	34,28	28,24	22,85	67,43	5,02	0,31	41,4	10,50	0,31	41,4	10,50	708,04

č.m.	VÝPOČET ZHUŠTĚNÉ OBLASTI										VÝPOČET VÝKONU PODLAH. VYTÁPĚNÍ				
	Rozteč v oblasti zhuštěných trubek	Střední teplota v rovině os trubek	Průměrná povrchová teplota	Průměrná povrchová teplota směřem dolů	Měrný tepelný výkon ve směru A	Ziráťový měrný tepelný výkon ve směru B	Čistá otopná podlahová plocha ohraničená krajní trubkou bez nábytku se soklem	Tepelný výkon otopné plochy směřem nahoru	Tepelný výkon otopné plochy směřem A vč. zhuštěné oblasti	Posouzení	Součtový tepelný výkon obou složek směřem A i B				
	L [m]	t _{střední} [°C]	t _{povrchová} [°C]	t _{povrchová} [°C]	Q _{střední} [W/m ²]	Q _{střední} [W/m ²]	S _{otopná} [m ²]	Q _{střední} [W]	Q _p [W]	[%]	Q _{střední} [W]				
1. PATRO															
103	0	-	-	-	-	-	-	0,00	396,54	7,56	426,51				
104	0	-	-	-	-	-	-	0,00	79,15	5,89	83,81				
105	0	-	-	-	-	-	-	0,00	82,19	5,89	87,03				
106	0	-	-	-	-	-	-	0,00	337,06	7,56	362,54				
108	0	-	-	-	-	-	-	0,00	205,65	5,12	216,19				
108	0	-	-	-	-	-	-	0,00	200,81	5,12	211,10				
110	0	-	-	-	-	-	-	0,00	427,62	5,80	452,44				
111	0	-	-	-	-	-	-	0,00	207,92	5,48	219,31				
112	0	-	-	-	-	-	-	0,00	309,52	5,48	326,47				
114	0	-	-	-	-	-	-	0,00	181,82	6,58	193,79				
116	0	-	-	-	-	-	-	0,00	75,61	5,48	79,75				
117	0	-	-	-	-	-	-	0,00	41,94	6,99	44,87				
119	0	-	-	-	-	-	-	0,00	187,41	6,52	199,62				
120	0	-	-	-	-	-	-	0,00	177,69	6,58	189,38				
123	0	-	-	-	-	-	-	0,00	331,41	6,58	353,22				
124	0	-	-	-	-	-	-	0,00	252,90	6,58	269,54				
125	0	-	-	-	-	-	-	0,00	844,09	6,96	902,85				
128	0,1	38,25	30,34	8,84	90,06	1,32	1,32	118,88	1128,39	7,78	1222,65				
128	0	-	-	-	-	-	-	0,00	791,64	8,48	858,79				
128	0,1	38,25	30,34	8,84	90,06	2,32	2,32	208,94	1034,41	7,78	1119,60				
128	0,1	38,25	30,34	8,84	90,06	0,72	0,72	64,84	775,29	7,78	840,26				
2. PATRO															
204	-	-	-	-	-	-	-	0,00	316,96	7,04	339,27				
205	-	-	-	-	-	-	-	0,00	254,35	6,07	269,79				
206	-	-	-	-	-	-	-	0,00	948,07	8,54	1029,02				
210	0,1	38,25	30,26	21,27	89,23	0,45	0,45	40,16	709,00	8,50	770,34				
210	0,1	38,25	30,26	21,27	89,23	2,32	2,32	207,02	930,99	8,50	1011,07				
210	0,1	38,25	30,26	21,27	89,23	1,44	1,44	128,50	894,14	8,50	971,26				
210	-	-	-	-	-	-	-	0,00	668,84	8,67	726,82				
212,213,214	-	-	-	-	-	-	-	0,00	345,74	6,00	366,49				
215	-	-	-	-	-	-	-	0,00	298,44	6,07	316,55				
216	-	-	-	-	-	-	-	0,00	871,78	6,00	924,09				
219	0,1	38,26	30,27	23,13	89,27	1,32	1,32	117,83	1123,92	7,45	1207,66				
219	-	-	-	-	-	-	-	0,00	788,95	7,45	847,74				
219	0,1	38,26	30,27	23,13	89,27	2,32	2,32	207,10	1029,77	7,45	1106,50				
219	0,1	38,26	30,27	23,13	89,27	0,72	0,72	64,27	772,31	7,45	829,85				
PRVNÍ PATRO CELKEM:								8069			8660				
DRUHÉ PATRO CELKEM:								9953			10716				
CELKEM:								18022			19376				

5.3.3 PŘÍDAVNÁ OTOPNÁ TĚLESA

Č. okruhu	Č. M.	Účel místnosti	Návrhová teplota místnosti	Zbylá tepelná ztráta místnosti	Otopné těleso		Výkon otopného tělesa pro spád	Výkon otopného tělesa pro spád	Počet	Celkový výkon pro spád	Součinitele ovlivňující výkon těles				Skutečný výkon otopného tělesa		
			t_i	Q_{cm}	Typ otopného tělesa	Rozměry	75/65	42/36			42/36	f_o	f_n	f_p		f_x	Q_{skut}
			[°C]	[W]			[W]	[W]			[ks]	[W]	[-]	[-]		[-]	[-]
A7	117	Sprcha	24	382	Koratherm Aquapanel	1780/750	1807	420	1	420	1	1	0,95	1	399		
B5	125	Umývárna	24	570	Koratherm Aquapanel	1780/600	1461	340	1	340	1	1	0,95	1	323		
B7	125	Umývárna	24	570	Koratherm Aquapanel	1780/500	1227	285	1	285	1	1	0,9	1	257		
C2	206	Umývárna II	24	611	Koratherm Aquapanel	1780/600	1461	340	1	340	1	1	0,95	1	323		
C3	206	Umývárna II	24	611	Koratherm Aquapanel	1780/750	1461	420	1	420	1	1	0,9	1	378		
E5	216	Umývárna III	24	611	Koratherm Aquapanel	1780/600	1461	340	1	340	1	1	0,95	1	323		
E7	216	Umývárna III	24	611	Koratherm Aquapanel	1780/750	1461	420	1	420	1	1	0,9	1	378		
										2564					2379		

5.3.4 TYPY POUŽITÝCH OTOPNÝCH TĚLES

5.3.4.1 TECHNICKÝ LIST OTOPNÉHO TĚlesa S VODOROVNĚ ORIENTOVANÝMI PROFILY KORATHERM AQUAPANEL

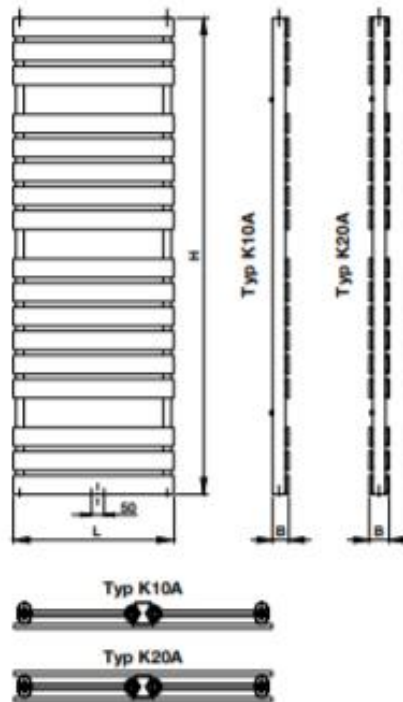
KORATHERM AQUAPANEL



Popis

KORATHERM AQUAPANEL je model designové řady otopných těles s vodorovně orientovanými profily. Jeho konstrukce umožňuje především **spodní středové připojení** na otopnou soustavu s nuceným oběhem teplosnosné látky. Alternativně lze využít i připojení **spodní zdola dolů** nebo **oboustranné shora dolů**. Jako otopné profily jsou použity ocelové uzavřené prvky obdélníkového průřezu 70 x 11 mm, rozdělovací a sběrné profily mají oválný průřez 50 x 30 mm. Součástí dodávky je i speciální konzola, která zaručuje bezpečné upevnění tělesa na zeď.

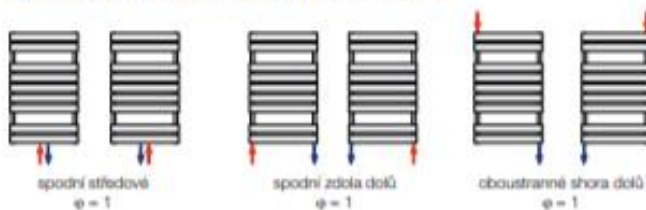
Přehled typů



Technické údaje

Výška H	790, 970, 1240, 1510, 1780 mm
Délka L	500, 600, 750 mm
Hloubka B	
Typ K10A	61 mm
Typ K20A	72 mm
Připojovací rozteč h	
spodní středové připojení	50 mm
spodní připojení zdola dolů	L-50 mm
Připojovací závit	G 1/2" vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní tlak	0,4 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Průtokový součinitel A _v	
Typ K10A	3,2 × 10 ⁻³ m ²
Typ K20A	3,5 × 10 ⁻³ m ²
Součinitel odporu ζ _v	
Typ K10A	79,0
Typ K20A	66,0

Způsoby připojení na otopnou soustavu



Obrázek 33 - Technické údaje pro trubkové otopné těleso KORATHERM AQUAPANEL [31]



TEPELNÝ VÝKON Q [W] PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN442
ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY, CENA

Typ K10A															
L [mm]	H [mm]	t = 20 °C				t = 24 °C				Základní technické parametry				Cena [Kč]	
		Q [W] pro t ₁ / t ₂ [°C]				Q [W] pro t ₁ / t ₂ [°C]				K ₀ [-]	n [-]	M _v [kg]	V _v [l]		Max. výkon et. top. tělesa [W]
		75/65	70/55	55/45	45/40	75/65	70/55	55/45	45/40						
500	790	403	331	218	154	364	294	183	122	3,6078	1,2054	9,2	3,7	300	4 660
	970	491	404	266	188	444	359	224	149	4,4894	1,2002	11,6	4,5	400	5 059
	1240	619	510	337	239	560	453	284	189	5,8313	1,1924	15,2	6,0	500	5 658
	1510	740	611	404	287	671	543	341	228	7,1928	1,1845	17,9	7,1	600	6 256
	1780	855	706	469	334	775	629	396	265	8,5699	1,1767	21,5	8,5	700	6 854
600	790	475	390	256	181	429	346	216	143	4,2492	1,2054	10,5	4,1	400	4 782
	970	579	476	313	222	523	423	264	175	5,2875	1,2002	13,3	5,1	500	5 206
	1240	729	601	396	281	660	534	334	223	6,8681	1,1924	17,5	6,6	600	5 841
	1510	872	719	476	339	790	640	402	268	8,4713	1,1845	20,5	7,9	800	6 477
	1780	1007	832	552	394	913	741	467	313	10,0934	1,1767	24,7	9,4	900	7 112
750	790	580	477	313	221	524	423	264	175	5,1914	1,2054	12,5	4,6	500	4 912
	970	707	582	383	271	640	517	322	214	6,4599	1,2002	15,8	5,8	600	5 373
	1240	891	734	484	344	806	652	408	272	8,3909	1,1924	20,8	7,6	800	6 064
	1510	1065	879	582	414	965	781	491	328	10,3497	1,1845	24,4	9,0	900	6 755
	1780	1231	1017	675	481	1116	905	570	382	12,3315	1,1767	29,4	10,8	1 000	7 445

Typ K20A															
L [mm]	H [mm]	t = 20 °C				t = 24 °C				Základní technické parametry				Cena [Kč]	
		Q [W] pro t ₁ / t ₂ [°C]				Q [W] pro t ₁ / t ₂ [°C]				K ₀ [-]	n [-]	M _v [kg]	V _v [l]		Max. výkon et. top. tělesa [W]
		75/65	70/55	55/45	45/40	75/65	70/55	55/45	45/40						
500	790	577	472	307	215	520	417	257	169	4,5779	1,2362	15,7	5,5	500	6 290
	970	705	577	376	264	636	511	315	207	5,7315	1,2300	20,0	7,0	600	6 991
	1240	889	729	476	335	803	646	400	264	7,4997	1,2206	26,4	9,2	800	8 043
	1510	1063	873	573	404	961	775	481	319	9,3050	1,2112	30,9	10,8	900	9 094
	1780	1227	1009	664	470	1110	896	559	371	11,1414	1,2019	37,3	13,0	1 000	10 146
600	790	686	561	365	256	619	497	306	201	5,4481	1,2362	18,3	6,3	600	6 904
	970	839	687	447	314	757	606	375	247	6,821	1,2300	23,3	8,0	700	7 357
	1240	1058	867	567	399	955	769	476	314	8,9252	1,2206	30,8	10,5	900	8 387
	1510	1265	1039	681	481	1143	922	573	379	11,0737	1,2112	36,1	12,3	1 000	9 517
	1780	1461	1201	790	559	1321	1067	666	442	13,2891	1,2019	43,6	14,8	1 200	10 647
750	790	849	695	452	316	766	615	378	248	6,7412	1,2362	22,2	7,4	700	6 785
	970	1038	850	554	389	937	752	464	305	8,44	1,2300	28,2	9,4	900	7 617
	1240	1309	1073	702	494	1182	951	589	389	11,0437	1,2206	37,5	12,4	1 200	8 864
	1510	1565	1286	843	595	1415	1141	709	469	13,7021	1,2112	43,8	14,6	1 200	10 112
	1780	1807	1487	978	692	1635	1320	824	547	16,4083	1,2019	53,0	17,6	1 200	11 359

Obrázek 34 - Technické údaje pro trubkové otopné těleso KORATHERM AQUAPANEL [31]

6 NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY

6.1 NÁVRH PŘÍPRAVY TV – VARIANTA 1

Tato metoda vychází z ČSN EN 12831-3 Energetická náročnost budov – Výpočet tepleného výkonu – Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3. [32]

Dimenzování zásobníkového ohřívače metodou zohledňující špičky v odběru teplé vody

Stanovení objemu

Objem zásobníku teplé vody V_Z [l] se stanoví dle vztahu:

$$V_Z = q_{TV,max} \cdot n \cdot k_{TV} \cdot \psi$$

kde:

$q_{TV,max}$ je maximální specifická potřeba teplé vody na obyvatele a den [l/spotřební jednotka.den];

n počet spotřebních jednotek, pro které je ohřívač nebo zásobník určen [-];

k_{TV} součinitel nerovnoměrnosti potřeby teplé vody [spotřební jednotka.den]

ψ součinitel mrtvého prostoru [-].

Spotřební jednotkou může být zaměstnanec, lůžko apod. Tato jednotka závisí na typu budovy.

Tabulka 12 - Hodnoty součinitele nerovnoměrnosti potřeby teplé vody

Doba ohřevu vody v ohřívači z [h]	Mateřská škola
	k_{TV}
0,5	0,17
1	0,29
2	0,45
3	0,61

Stanovení výkonu topné vložky zásobníkového ohříváče

Nejmenší potřebný výkon topné vložky ohříváče Q_z [kW] se stanoví dle vztahu:

$$Q_z = \frac{V_z \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{z \cdot 3600} + Q_{cirk}$$

kde:

V_z je objem zásobníkového ohříváče nebo zásobníku teplé vody [l];

ρ hustota vody [kg/l], $\rho = 1,0$ kg/l;

c měrná tepelná kapacita [kJ/kg.K], $c = 4,2$ kJ/kg.K;

t_1 teplota studené vody [°C];

t_2 teplota teplé vody [°C];

z doba ohřevu vody v ohříváči [h];

Q_{cirk} tepelné ztráty potrubí při cirkulaci teplé vody [kW].

Tepelné ztráty potrubí při cirkulaci teplé vody Q_{cirk} [W] lze stanovit podle vztahu:

$$Q_{cirk} = \sum_{i=1}^m q_l \cdot l$$

kde:

q je délková tepelná ztráta úseku potrubí v cirkulačním okruhu [W/m];

l délka úseku potrubí v cirkulačním okruhu [m];

m počet úseků potrubí v cirkulačním okruhu.

Délková tepelná ztráta úseku potrubí v cirkulačním okruhu q [W/m] se stanoví podle vztahu:

$$q = U \cdot (t_{stř} - t_{vzd})$$

6.1.1 ČÍSELNÝ VÝPOČET

Mateřská škola má tři třídy. Každá tato třída má kapacitu 28 dětí, což dohromady činí 84 dětí. Mezi personál patří 6 učitelek, 1 ředitelka, 2 uklízečky a 2 kuchařky. Hodnoty jednotlivých spotřeb byly brány z tabulek příslušné normy, kromě potřeby TV pro zaměstnance a děti. Tam došlo ke snížení hodnoty, protože se počítá s tím, že nebude docházet k častému sprchování osob.

Tabulka 13 - Výpočet potřeby teplé vody za den - VARIANTA 1

Spotřební jednotka	Počet	Specifická potřeba TV $q_{TV,max}$	$\Sigma q_{TV,max} \cdot n$ [l/den]
Děti	84 osob	9,55 l/os.den	802
Zaměstnanci	11 osob	9,55 l/os.den	105
Úklid	652 m ²	20 l/m ²	130
Jídla	272 jídel	1 l/jídlo	272
CELKEM $q_{TV,max}$			1310

Tabulka 14 - Tepelné ztráty cirkulačního potrubí TV

Tepelné ztráty cirkulačního potrubí					
tl. izolace [mm]	teplota okolí [°C]	průměr potrubí [mm]	l [m]	q_t [W/m]	q [W]
20	10	20	8,2	7,73	63,37
20	18	20	17,5	6,18	108,19
20	20	20	6,08	5,80	35,24
					207

Tabulka 15 - Výpočet objemu ohřivače a potřebného výkonu pro TV - VARIANTA 1

$\Sigma q_{TV,max} \cdot n$ [l/den]	z [h]	k_{TV} [sp.jednotka/den]	ψ [-]	V_z [l]	Q_{cirk} [W]	Q_z [kW]
1310	0,5	0,17	1,15	256	207	21,1
	1	0,29		437		18,0
	2	0,45		678		14,0
	3	0,61		919		12,7

Potřebná teplosměnná plocha při teplotním spádu T_1/T_2 na teplotu TV 40 °C pro dobu ohřevu 3 hodiny se vypočítá:

$$\Delta t = \frac{(T_1 - \theta_2) - (T_2 - \theta_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - \theta_2}{T_2 - \theta_1}\right)} = \frac{(45 - 40) - (35 - 10)}{\ln\left(\frac{45 - 40}{35 - 10}\right)} = 12,4 \text{ K}$$

$$A = \frac{Q_z \cdot 10^3}{U \cdot \Delta t} = \frac{12,7 \cdot 10^3}{420 \cdot 12,4} = 2,43 \text{ m}^2$$

Minimální potřebná teplosměnná plocha výměníku je 2,43 m².

6.1.2 ZÁVĚR

Jelikož jako zdroj vytápění bude použito tepelné čerpadlo, tak není vhodné, aby docházelo k jeho častému sepínání a vypínání, proto 3 hodiny ohřevu nejsou vhodné. A proto návrh pro přípravu TV bude proveden pomocí metody křivek odběru a dodávek tepla.

6.2 NÁVRH PŘÍPRAVY TV – VARIANTA 2

Zásobníkový ohřev

Tento výpočet byl proveden dle normy ČSN 06 0320. Ve výpočtu se uvažovalo, že mateřská škola má tři třídy, kde v každé je maximální kapacita 28 žáků. Tudíž se počítá s 84 dětmi, 6 učitelkami, 1 ředitelkou, 2 kuchařkami a 2 uklízečkami. [33]

Potřeba TV pro mytí osob V_o [m^3/per]:

$$V_o = n_l \cdot \sum_{i=1}^n V_{ai} = 95 \cdot 0,01 = 0,95 m^3/per$$

Potřeba TV na mytí nádobí V_j [m^3/per]:

$$V_j = n_j \cdot V_d = 95 \cdot 0,0015 \text{ (oběd + svačina)} = 0,14 m^3/per$$

Potřeba TV pro úklid a mytí podlah V_u [m^3/per]:

$$V_u = n_u \cdot V_d = \frac{652}{100} \cdot 0,02 = 0,13 m^3/per$$

$V_d = 0,02 m^3/per \cdot 100 m^2$.

Celková potřeba TV V_{2p} v dané periodě [m^3/per] se stanoví:

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u = 0,95 + 0,14 + 0,13 = 1,22 m^3/per$$

kde:

V_d je objem dávky v dané periodě [m^3];

n_l počet uživatelů [-];

n_j počet jídel [-];

n_u počet (výměra) ploch [-].

Jelikož uvažuji jako zdroj vytápění tepelné čerpadlo, které vyrábí přírodní teplotu vody pouhých 50 °C, tak bude potřeba použít alternativní zdroj, který bude vodu dohřívat. Tudíž bude použit nepřímotopný ohříváč vody o objemu 469 l, který bude ohřívat TV na 45 °C a dohřev TV bude proveden pomocí elektrického ohříváče o objemu 80 l.

Teoretické teplo odebrané z ohříváče Q_{2t} [kWh/per]

$$Q_{2t} = \rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1) = 1,163 \cdot 1,22 \cdot (45 - 10) = 49,66 kWh/per$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV Q_{2z} [kWh/per]:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 49,66 \cdot 0,3 = 14,90 kWh/per$$

Teplo odebrané z ohřivače TV za danou periodu Q_{2p} [kWh/den]:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 49,66 + 14,90 = 64,56 \text{ kWh/per}$$

kde:

z je poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV [-];

ρ hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m^3];

c měrná tepelná kapacita [J/kg.K];

t_1 teplota studené vody [$^\circ\text{C}$];

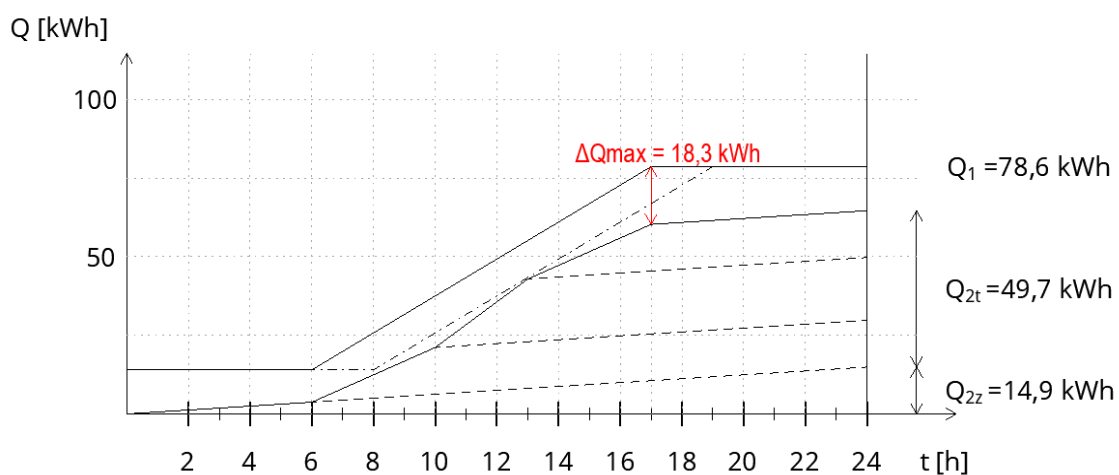
t_2 teplota teplé vody [$^\circ\text{C}$].

Zohlednění odběru TV v čase je popsáno v tabulce.

Tabulka 16 - Procentuální rozdělení potřeby TV během dne

Časové rozpětí	Procentuální podíl odběru	Teplo odebrané Q_{2t} [kWh]	Teplo celkem [kWh]
0-6	0 %	0	6,6
6-10	30 %	14,9	30,9
10-13	40 %	19,9	38,6
13-17	30 %	14,9	32
17-24	0 %	0	6,6

KŘIVKA ODBĚRŮ A DODÁVEK TEPLA



Graf 1 - Křivka odběrů a dodávek tepla

Křivka odběrů a dodávek tepla byla sestavena podle výše uvedené tabulky 16, kde jsou procentuálně rozepsané spotřeby TV během dne. Ohřev vody bude spuštěn během dne, při provozu mateřské školy (od 6 hodin do 17 hodin). Největší rozdíl mezi dodávkou a odběrem činí $\Delta Q_{max} = 18,3$ kWh. Celkové teplo dodané ohřivačem činí $Q_1 = 78,6$ kWh. Jelikož doba vysokého tarifu je proměnlivá a není možné určit přesnou dobu, tak je čerchovanou křivkou naznačeno, že by dodávka energie, pro ohřev TV i přes výpadek na 2 hodiny, vystačila.

Velikost zásobníku V_z [m³] se určí ze vztahu:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{18,3}{1,163 \cdot (45 - 10)} = 0,45 \text{ m}^3$$

Výpočet tepelného výkonu zdroje tepla lze vyjádřit jako:

$$\phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{\tau} \right)_{max} = \frac{78,6}{11} = 7,1 \text{ kW}$$

Výpočet teplosměnné plochy pro nepřímotopný ohřivač s teplotním spádem 50/35 pro teplotu TV 45 °C se provede podle vztahů:

$$\Delta t = \frac{(T_1 - \theta_2) - (T_2 - \theta_1)}{\ln \left(\frac{T_1 - \theta_2}{T_2 - \theta_1} \right)} = \frac{(50 - 45) - (35 - 10)}{\ln \left(\frac{50 - 45}{35 - 10} \right)} = 12,4 \text{ K}$$

$$A = \frac{\phi_{1n} \cdot 10^3}{U \cdot \Delta t} = \frac{7,1 \cdot 10^3}{420 \cdot 12,4} = 1,36 \text{ m}^2$$

Výpočet potřebného výkonu pro dohřev TV z 45 °C na 55 °C pro topnou jednotku, která bude umístěna ve vrchní části zásobníkového ohřivače (v závorce je výpočet pro přerušenou dodávku na 2 hodiny).

$$Q_2 = V \cdot c \cdot \Delta t = 1,22 \cdot 1,163 \cdot (55 - 45) = 14,2 \text{ kWh}$$

$$Q_{2n} = \left(\frac{Q_2}{\tau} \right)_{max} = \frac{14,2}{11 (9)} = 1,3 (1,6) \text{ kW}$$

6.3 ZÁVĚR

Návrh byl proveden podle křivek dávky a odběru tepla, kde byly vypočteny potřeby TV v průběhu dne.

Bude navržen jeden nepřímotopný zásobník OKC 500 NTR/HP o velikosti 469 l, který bude ohřívat TV na 45 °C. Tento ohřivač je vhodný pro připojení k tepelným čerpadlům a jiným nízkoteplotním zdrojům. Jako přídatný zdroj, který bude dohřívat TV na 55 °C, volím topnou jednotku REU 18 - 2,5, který je schopna pracovat

s výkonem 2,5 kW. Tato topná jednotka bude umístěna v horní části, kde bude dohřívát teplotu TV na požadovanou teplotu a nebude docházet k míchání teplé a studené vody, jakož by tomu bylo, kdyby topná jednotka byla umístěna v dolní části. Zároveň topná jednotka je schopná dohřívát TV v létě, kdy TČ bude moci pracovat s lepším topným faktorem.

Potřebná teplosměnná plocha pro nepřímotopný ohříváč je 1,84 m². Navržený nepřímotopný zásobníkový ohříváč vody má teplosměnnou plochu 6,4 m². Tato plocha je dostatečná a je schopná přenést až:

$$\phi_{1n} = \frac{A \cdot U \cdot \Delta t}{1000} = \frac{6,4 \cdot 420 \cdot 12,4}{10^3} = 33,33 \text{ kW}$$

Rychlost dohřevu TV celého objemu zásobníkového ohříváče pomocí topné jednotky z 45 °C na 55 °C činí cca:

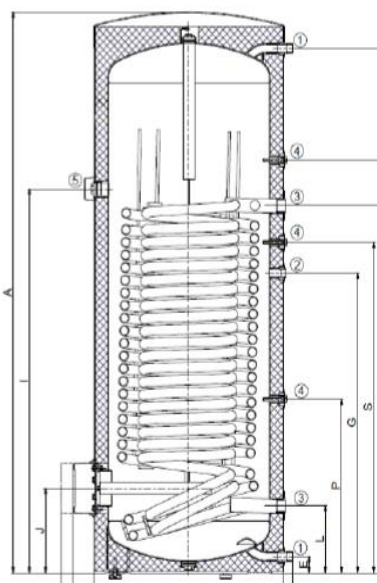
$$\tau = \frac{c \cdot \Delta t \cdot V}{Q} = \frac{1,163 \cdot (55 - 45) \cdot 0,469}{2,5} = 2,18 \text{ h} \cong 2 \text{ hod } 11 \text{ min}$$

6.4 TECHNICKÉ LISTY ZAŘÍZENÍ

Technický list zásobníkového ohříváče OKC 500 NTR/HP

TYP		OKC 200 NTR/HP	OKC 250 NTR/HP	OKC 300 NTR/HP	OKC 400 NTR/HP	OKC 500 NTR/HP
OBJEM	l	208	234	286	352	469
VÝŠKA	mm	1356	1537	1558	1644	1914
PRŮMĚR	mm	584	584	670	700	700
MAX. HMOTNOST BEZ VODY	kg	102	119	133	190	223
MAX. PROVOZNÍ PŘETLAK V NÁDOBĚ	bar				10	
MAX. PROVOZNÍ PŘETLAK VE VÝMĚNÍKU	bar				10	
MAX. TEPLOTA TOPNÉ VODY	°C				110	
MAX. PROVOZNÍ TEPLOTA V NÁDOBĚ	°C				80	
VÝHŘEVNÁ PLOCHA VÝMĚNÍKU	m ²	2,1	2,5	3,2	5,2	6,4
OBJEM VÝMĚNÍKU	l	13,7	17	21	32	39
TŘÍDA ENERGETICKÉ ÚČINNOSTI					C	
STATICÁ ZTRÁTA	W	82	87	72	90	105

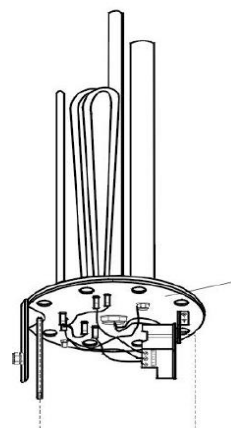
OKC 400-500 NTR/HP



Obrázek 35 - Technické údaje zásobníkové ohříváče OKC 500 NTR/HP [34]

Technický list topné jednotky REU 18-2,5

Typ	Výkon [kW]	Zapojení	Délka tělesa [mm]	Hmotnost [kg]
REU 18 - 2,5	2,5	1 PE-N AC 230 V / 50 Hz	450	3
RDU 18 - 2,5	2,5	3 PE-N AC 400 V / 50 Hz	450	3,3
RDU 18 - 3	3	3 PE-N AC 400 V / 50 Hz	450	3,4
RDU 18 - 3,8	3,8	3 PE-N AC 400 V / 50 Hz	450	3,5
RDU 18 - 5	5	3 PE-N AC 400 V / 50 Hz	450	3,5
RDU 18 - 6	6	3 PE-N AC 400 V / 50 Hz	450	3,5
RDW 18 - 7,5	7,5	3 PE-N AC 400 V / 50 Hz	450	3,7
RDW 18 - 10	10	3 PE-N AC 400 V / 50 Hz	450	4
RSW 18 - 12	12	3 PE-N AC 400 V / 50 Hz	530	4
RSW 18 - 15	15	3 PE-N AC 400 V / 50 Hz	630	4,2



Obrázek 36 - Technické údaje topné jednotky REU 18 - 2,5 [35]

7 NÁVRH VÝKONU PRO VZDUCHOTECHNIKU

Pro ohřev vzduchu bude použita jednotka zpětného získávání tepla, která bude umístěná na střeše objektu. Podle velikosti jednotky a její hmotnosti se bude muset vyřešit statické posouzení, zda bude střešní konstrukce schopna VZT jednotku unést. Pomocí přenosu tepla z výstupního vzduchu bude přívodní vzduch ohříván na určitou teplotu, který je však nutné dohřát. Pro ohřev bude použitý vodní ohříváč (lamelový), jehož potřebný výkon je vypočítán níže. [36]

7.1 OHŘEV VENKOVNÍHO VZDUCHU

Výpočet teploty za výměníkem je proveden pomocí ČSN EN 15665/Z1. Pro výpočet je použita venkovní teplota $t_e = -12 \text{ °C}$ a účinnost rekuperace $\eta = 65 \%$.

Teplota přívodního vzduchu za ZZT je:

$$t_{zzt} = \eta \cdot (t_i - t_e) + t_e = 0,65 \cdot [20 - (-12)] - 12 = 8,8 \text{ °C}$$

t_i je teplota odváděného vzduchu před výměníkem [°C].

Výkon pro ohřev vzduchu pro nucené rovnotlaké větrání Q_v [W] se vypočítá:

$$Q_v = V_e \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_{zzt}) = \frac{6712}{3600} \cdot 1,3 \cdot 1010 \cdot (20 - 8,8) = 27\,418 \text{ W}$$

7.2 NÁVRH OHŘÍVAČE PRO JEDNOTKU ZZT

Protože je jako zdroj vytápění zvoleno tepelné čerpadlo pracující na principu vzduch - voda, tak není možné zajistit velký teplotní spád, při kterém by tepelné čerpadlo pracovalo s přijatelným topným faktorem. Volený spád je 50/40 a proto

je nutné zjistit, zda bude mít ohřívač přijatelnou velikost teplosměnné plochy. Přibližná velikost bude zjištěna pomocí vzorce:

$$Q_o = S \cdot U \cdot \Delta t_m \rightarrow S = \frac{Q_o}{U \cdot \Delta t_m} = \frac{27\,418}{37 \cdot 30,6} = 24,2 \text{ m}^2$$

Střední tepelný spád pro protiproudý výměník Δt_m [°C] se vypočítá:

$$\Delta t_m = \frac{(t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2)}{\ln \left(\frac{t'_1 - t''_2}{t''_1 - t'_2} \right)} = \frac{(50 - 20) - (40 - 8,8)}{\ln \left(\frac{50 - 20}{40 - 8,8} \right)} = 30,6 \text{ °C}$$

Výše uvedené výsledky poukazují na to, že lze pro ohřev vzduchu použít adekvátní ohřívač vzduchu. Pro přesnější návrh ohřívače jsem použil software od SYSTEMAIR, kde jsem zadal výše uvedené vstupní parametry. Pro zadané parametry byl vybrán vodní ohřívač VBR 100-50-2, který je určený do čtyřhranného potrubí. Jeho výměník je tvořen měděnými trubkami s hliníkovými lamelami. Aby bylo dosaženo maximálního výkonu, musí být vodní výměník zapojen jako protiproudý. Ohřívač je schopen při daném spádu, objemovém průtoku, rychlosti a ostatních parametrech, které jsou uvedené v tabulce níže, pracovat s výkonem až 30,2 kW. Výpočet ze softwaru slouží pouze k poukázání, že je ohřívač schopen vytvořit teplotu vzduchu alespoň 20 °C při teplotním spádu 50/40 °C.

Výsledky výběru	
Průtok vzduchu	6712 m ³ /h
Rychlost vzduchu	3.91 m/s
Vstupní teplota vzduchu	8.8 °C
Výstupní teplota vzduchu	21.7 °C
Vlhkost vzduchu (sání)	84 % r.H
Výstupní vlhkost vzduchu	37 % r.H
Tlaková ztráta vzduchu	98 Pa
Vstupní teplota vody	50 °C
Výstupní teplota vody	40 °C
Průtok vody	0.732 l/s
Rychlost vody	1.01 m/s
Tlaková ztráta vody	14.2 kPa
Výkon	30.2 kW
Doporučená hodnota Kv	6.99
Připojovací rozměr - vstup	R 1"
Připojovací rozměr - výstup	R 1"

Obrázek 37 - Výpočet pro ohřívač ZZT - pouze inspirativní [37]

7.3 TECHNICKÝ LIST VODNÍHO OHŘÍVAČE VBR 100-50-2

VBR 100-50-2

Vodní ohřivač
Číslo výrobku: 5470
Varianta: Výchozí

Vodní ohřivač

Vodní ohřivač VBR je určený do čtyřhranného potrubí. Plášť ohřivače je vyroben Aluminium Zink. Výměník tvoří měděné trubky s hliníkovými lamelami. Ohřivač VBR je vybaven odvětrávacím a vypouštěcím ventilem. Pro ochranu ohřivače před zamrznutím je nutné instalovat do systému protimrazovou ochranu (např.pomocí TG-A130 nebo TG-D130).

Připojovací potrubí pro vodu je po levé straně ve směru proudění vzduchu.

Pro dosažení maximálního výkonu je nezbytně nutné zapojit vodní výměník vzhledem k proudění vzduchu jako protiproudý. Voda musí protékat vzhůru, aby napomáhala odvětrávání vodního prostoru výměníku.

Výměník lze instalovat ve vertikální i v horizontální poloze.



Technické parametry

Nominální data		
Max. provozní teplota	150	°C
Filtr		
Vestavěný filtr?	Ne	
Rozměry a hmotnosti		
Hranatý, výška, sání	500 x 1.000	mm
Hranatý, šířka, sání	500 x 1.000	mm
Hranatý, výška, výtlak	500 x 1.000	mm
Hranatý, šířka, výtlak	500 x 1.000	mm
Hmotnost	15,8	kg
Ostatní		
Potrubní chladič/ohřivač	Ohřivač, vodní	
Max. provozní tlak při teplotě vody 100°C	1.600.000	Pa
Max. provozní tlak při teplotě vody 150°C	1.000.000	Pa
Typ připojení potrubí	Čtyřhranné	

Obrázek 38 - Vodní ohřivač vzduchu VBR 100-50-2 [38]

8 DIMENZOVÁNÍ, HYDRAULICE SEŘÍZENÍ A REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY

8.1 NÁVRH DIMENZE A REGULACE OTOPNÉ VĚTVE – VARIANTA 1

8.1.1 PRVNÍ PATRO

HLAVNÍ VĚTVE PRVNÍHO PODLAŽÍ - Místnost 125 - Otopné těleso RADIK 22 VKM8 600/1400															
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]		
1	491	42,34	0,043	3,05	14 x 2	31,5	0,15	96	14,87	168	420	685	685		
Připojovací šroubení:						K _v = 1,35 m ³ /h		nastavení: 9		Δ _{prv} = 99 Pa					
Termostatický ventil s termostatickou hlavicí (připojovací závit M 30x1,5):						K _v = 0,75 m ³ /h		nastavení: 8		Δ _{prv} = 321 Pa					
2	799	68,90	0,069	7,11	16 x 2	39,9	0,17	284	7,37	106	0	390	1075		
3	1598	137,79	0,139	1,63	18 x 2	82,7	0,25	135	2,47	77	0	212	1287		
4	1859	160,30	0,162	14,57	20 x 2	55,9	0,22	814	6,10	151	0	965	2252		
5	2105	181,51	0,183	7,68	20 x 2	69,7	0,25	535	0,90	29	0	564	2816		
6	2303	198,58	0,200	0,92	20 x 2	84,8	0,28	78	0,90	34	0	112	2928		
7	2566	221,26	0,223	2,00	20 x 2	101,2	0,31	202	2,47	116	0	319	3247		
8	2858	246,44	0,248	8,13	26 x 3	41,9	0,22	341	0,90	22	0	362	3609		
9	3204	276,27	0,279	9,38	26 x 3	52,4	0,25	492	2,47	74	0	566	4175		
10	6169	531,94	0,536	2,77	32 x 3	45,7	0,28	127	3,50	137	0	263	4438		
11	6466	557,55	0,562	10,46	32 x 3	48,6	0,29	509	0,90	39	0	547	4985		
12	7195	620,41	0,626	5,18	32 x 3	60,9	0,33	315	4,50	239	0	554	5539		
13	7985	688,53	0,694	15,20	32 x 3	71,0	0,36	1079	28,30	1851	19721	22652	28191		
Trojcestný ventil:						K _{vS} = 2,5 m ³ /h				Δ _{prv} = 7500 Pa					
Vyvažovací ventil STRÖMAX-GR DN 20:						K _{vS} = 6,1 m ³ /h		nastavení: 6		Δ _{prv} = 1280 Pa					
Tlaková ztráta větve od AN po RS:										Δ _{prv} = 10941 Pa					

1 - Místnost 125 - Otopné těleso KORALUX LINEAR MAX - M 1810/750															
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]		
	308	26,56	0,027	3,44	14 x 2	18,9	0,09	65	16,97	75	0	141	685		
Armatura HM s termostatickou hlavicí:						tlakový rozdíl k zaregulování:		Δp = 544		K _v = 0,36 m ³ /h		nastavení: 2			

2 - Místnost 125 - Otopné těleso RADIK 22 VKM8 600/1400															
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]		
	799	68,90	0,069	1,73	16 x 2	39,9	0,17	69	4,77	69	0	138	1075		
	491	42,34	0,043	7,89	14 x 2	31,5	0,15	249	16,17	183	99	531	937		
Připojovací šroubení:						K _v = 1,35 m ³ /h		nastavení: 9		Δ _{prv} = 99 Pa					
Armatura HM s termostatickou hlavicí:						tlakový rozdíl k zaregulování:		Δp = 406		K _v = 0,67 m ³ /h		nastavení: 7			

2 - Místnost 125 - Otopné těleso KORALUX LINEAR MAX - M 1810/750															
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]		
	799	68,90	0,069	1,73	16 x 2	39,9	0,17	69	4,77	69	0	138	1075		
	308	26,56	0,027	1,26	14 x 2	18,9	0,09	24	18,27	81	0	105	937		
Armatura HM s termostatickou hlavicí:						tlakový rozdíl k zaregulování:		Δp = 832		K _v = 0,29 m ³ /h		nastavení: 1			

3 - Místnost 127 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 600/800													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	261	22,51	0,023	21,83	14 x 2	16,8	0,08	367	27,97	89	28	484	1287
Připojovací šroubení:						K _v =	1,35	m ³ /h	nastavení:	9	Δ _{prv} =	28	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	803	K _v =	0,25	m ³ /h	nastavení:	3

4 - Místnost 124 - Otopné těleso KORALINE LD 30/26/120													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	246	21,21	0,021	1,14	14 x 2	16,8	0,08	19	5,07	14	1165	1199	2252
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:											Δ _{prv} =	31	Pa
Připojovací šroubení:						K _v =	0,20	m ³ /h	nastavení:	2	Δ _{prv} =	1134	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	1053	K _v =	0,21	m ³ /h	nastavení:	2

5 - Místnost 120 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 500/800													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	198	17,07	0,017	5,40	14 x 2	12,6	0,06	68	31,87	59	1499	1626	2816
Připojovací šroubení:						K _v =	0,14	m ³ /h	nastavení:	1	Δ _{prv} =	1499	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	1190	K _v =	0,16	m ³ /h	nastavení:	1,5

6 - Místnost 123 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 700/800													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	263	22,68	0,023	7,10	14 x 2	16,8	0,08	119	26,67	86	1296	1502	2928
Připojovací šroubení:						K _v =	0,20	m ³ /h	nastavení:	2	Δ _{prv} =	1296	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	1426	K _v =	0,19	m ³ /h	nastavení:	2,0

7 - Místnost 130 - Otopné těleso RADIK 21 VKM8 - 500/800													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	292	25,18	0,025	3,93	14 x 2	18,9	0,09	74	17,47	70	665	809	3247
Připojovací šroubení:						K _v =	0,31	m ³ /h	nastavení:	3	Δ _{prv} =	665	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	2438	K _v =	0,16	m ³ /h	nastavení:	1,5

8 - Místnost 103 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 500/1400													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	346	29,83	0,030	13,92	14 x 2	23,1	0,11	322	31,87	179	49	550	3609
Připojovací šroubení:						K _v =	1,35	m ³ /h	nastavení:	9	Δ _{prv} =	49	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	3059	K _v =	0,17	m ³ /h	nastavení:	1,5

9 -Místnost 128 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/180														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	2965	255,66	0,258	4,80	26 x 3	45,3	0,23	217	0,90	23	0	241	4175	
	2736	235,92	0,238	16,56	26 x 3	38,7	0,21	641	23,00	505	410	1555	3934	
Tlaková zónového regulačního ventilu s elektrotermickým pohonem:							K _v =	3,70	m ³ /h		Δ _{prv} =	410	Pa	
	2100	181,08	0,183	5,00	20 x 2	69,7	0,25	349	1,17	37	0	385	2379	
	1464	126,24	0,127	4,80	20 x 2	39,6	0,18	190	0,90	14	0	204	1993	
	732	63,12	0,064	6,30	16 x 2	33,9	0,16	214	6,37	77	830	1121	1789	
Tlaková ztráta výměníku konvektorů:											Δ _{prv} =	428	Pa	
Připojovací šroubení:							K _v =	1,00	m ³ /h	nastavení:	7	Δ _{prv} =	402	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	669	K _v =	0,77	m ³ /h	nastavení:	6	

9 -Místnost 128 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/180														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	732	63,12	0,064	1,30	16 x 2	33,9	0,16	44	5,07	61	1072	1177	1789	
Tlaková ztráta výměníku konvektorů:											Δ _{prv} =	428	Pa	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,79	m ³ /h	nastavení:	6	Δ _{prv} =	644	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	612	K _v =	0,81	m ³ /h	nastavení:	6	

9 -Místnost 128 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/160														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	636	54,84	0,055	1,30	16 x 2	23,7	0,14	31	5,07	46	799	876	1993	
Tlaková ztráta výměníku konvektorů:											Δ _{prv} =	313	Pa	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,79	m ³ /h	nastavení:	6	Δ _{prv} =	486	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	1117	K _v =	0,52	m ³ /h	nastavení:	5	

9 -Místnost 128 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/160														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	636	54,84	0,055	1,30	16 x 2	23,7	0,14	31	5,07	46	1155	1232	2379	
Tlaková ztráta výměníku konvektorů:											Δ _{prv} =	313	Pa	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,60	m ³ /h	nastavení:	5	Δ _{prv} =	842	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	1146	K _v =	0,51	m ³ /h	nastavení:	5	

9 -Místnost 119 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 600/800														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	229	19,75	0,020	1,30	14 x 2	14,7	0,07	19	28,97	71	2006	2096	3934	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,14	m ³ /h	nastavení:	1	Δ _{prv} =	2006	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	1838	K _v =	0,15	m ³ /h	nastavení:	1	

10 -Místnost 106 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 500/1200														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	297	25,61	0,026	13,92	14 x 2	18,9	0,09	263	31,87	132	66	461	4438	
Připojovací šroubení:							K _v =	1,00	m ³ /h	nastavení:	7	Δ _{prv} =	66	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	3977	K _v =	0,13	m ³ /h	nastavení:	1	

11 -Místnost 117 - Otopné těleso RADIK 33 VKM8 - 600/1000														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	729	62,86	0,063	7,22	14 x 2	84,8	0,22	613	2,47	62	0	674	4985	
	500	43,11	0,043	7,32	14 x 2	31,5	0,15	230	15,80	185	103	518	4311	
Připojovací šroubení:							K _v =	1,35	m ³ /h	nastavení:	9	Δ _{prv} =	103	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):							tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	3793	K _v =	0,22	m ³ /h	nastavení:	2

11 -Místnost 114 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 600/800														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	729	62,86	0,063	7,22	14 x 2	84,8	0,22	613	2,47	62	0	674	4985	
	229	19,75	0,020	3,80	14 x 2	14,7	0,07	56	25,10	62	2006	2123	4311	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,14	m ³ /h	nastavení:	1	Δ _{prv} =	2006	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):							tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	2188	K _v =	0,13	m ³ /h	nastavení:	1

12 -Místnost 111 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 900/1000														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	790	68,12	0,069	2,55	14 x 2	107,6	0,24	274	4,77	140	0	414	5539	
	414	35,70	0,036	8,40	14 x 2	27,3	0,13	229	29,00	233	357	819	5126	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,60	m ³ /h	nastavení:	5	Δ _{prv} =	357	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):							tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	4306	K _v =	0,17	m ³ /h	nastavení:	1,5

12 -Místnost 110 - Otopné těleso RADIK 20 VKM8 - 500/1200														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	376	32,42	0,033	8,81	14 x 2	25,2	0,12	222	19,80	131	1103	1456	5126	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,31	m ³ /h	nastavení:	3	Δ _{prv} =	1103	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):							tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	3670	K _v =	0,17	m ³ /h	nastavení:	1,5

8.1.2 DRUHÉ PATRO

HLAVNÍ VĚTEV DRUHÉHO PODLAŽÍ -Místnost 219 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/140														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
1	732	63,12	0,064	5,60	16 x 2	33,9	0,16	190	6,37	77	1211	1478	1478	
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:												363	Pa	
Připojovací šroubení:												220	Pa	
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):												628	Pa	
2	1464	126,24	0,127	5,00	20 x 2	39,6	0,18	198	1,17	18	0	216	1694	
3	2196	189,36	0,191	5,00	20 x 2	74,6	0,26	373	1,17	40	0	413	2107	
4	2928	252,47	0,255	49,36	26 x 3	45,3	0,23	2236	24,57	617	469	3323	5430	
Tlaková zónového regulačního ventilu s elektrotermickým pohonem:												469	Pa	
5	5833	502,97	0,507	10,18	32 x 3	42,9	0,27	437	4,80	168	0	604	6034	
6	10545	909,27	0,917	10,40	32 x 3	117,9	0,48	1226	17,90	2042	19608	22877	28911	
Trojcestný ventil:												7500	Pa	
Vyvažovací ventil STRÖMAX-GR DN 25:												1167	Pa	
Tlaková ztráta větve od AN po RS:												10941	Pa	

1 -Místnost 219 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/140															
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]		
732	63,12	0,064	1,30	16 x 2	33,9	0,16	44	5,07	61	641		747	1478		
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:											Δ _{prv} =	363 Pa			
Připojovací šroubení:											K _v =	1,20 m ³ /h	nastavení: 8	Δ _{prv} =	279 Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavicí (připojovací závit M 30x1,5):											tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 731	K _v =	0,74 m ³ /h	nastavení: 6

2 -Místnost 219 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/140															
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]		
732	63,12	0,064	1,30	16 x 2	33,9	0,16	44	5,07	61	583		688	1694		
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:											Δ _{prv} =	363 Pa			
Připojovací šroubení:											K _v =	1,35 m ³ /h	nastavení: 9	Δ _{prv} =	220 Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavicí (připojovací závit M 30x1,5):											tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 1005	K _v =	0,63 m ³ /h	nastavení: 5

3 -Místnost 219 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/140															
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]		
732	63,12	0,064	1,30	16 x 2	33,9	0,16	44	5,07	61	764		870	2107		
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:											Δ _{prv} =	363 Pa			
Připojovací šroubení:											K _v =	1,00 m ³ /h	nastavení: 7	Δ _{prv} =	402 Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavicí (připojovací závit M 30x1,5):											tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 1237	K _v =	0,57 m ³ /h	nastavení: 5

4 -Místnost 216 - Otopné těleso RADIK 21 VKM8 - 900/1400															
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]		
2905	250,49	0,253	2,28	26 x 3	41,9	0,22	96	3,77	93	0		189	5430		
2659	229,28	0,231	10,00	26 X 3	35,6	0,20	356	0,90	19	0		375	5241		
2410	207,81	0,210	10,00	20 X 2	90,1	0,29	901	3,77	157	0		1058	4866		
2127	183,41	0,185	10,13	20 X 2	74,6	0,26	756	0,90	29	0		785	3808		
1881	162,19	0,164	10,13	20 X 2	60,3	0,23	611	0,90	23	0		634	3023		
1071	92,35	0,093	10,13	18 X 2	38,2	0,17	387	7,37	103	0		490	2390		
810	69,84	0,070	1,73	16 X 2	39,9	0,17	69	1,17	17	0		86	1899		
502	43,29	0,044	7,86	14 X 2	31,5	0,15	248	16,17	191	0		439	1813		
Připojovací šroubení:											K _v =	1,35 m ³ /h	nastavení: 9	Δ _{prv} =	104 Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavicí (připojovací závit M 30x1,5):											tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 1374	K _v =	0,37 m ³ /h	nastavení: 4

4 -Místnost 216 - Otopné těleso KORALUX LINEAR MAX - M 1810/750															
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]		
308	26,56	0,027	1,36	14 x 2	18,9	0,09	26	18,27	81	0		107	1813		
Armatura HM s termostatickou hlavicí:											tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 1706	K _v =	0,20 m ³ /h	nastavení: 0,5

4 -Místnost 218 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 600/800															
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]		
261	22,51	0,023	23,71	14 x 2	16,8	0,08	398	31,87	102	28		528	1899		
Připojovací šroubení:											K _v =	1,35 m ³ /h	nastavení: 9	Δ _{prv} =	28 Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavicí (připojovací závit M 30x1,5):											tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 1371	K _v =	0,19 m ³ /h	nastavení: 1,5

4 - Místnost 216 - Otopné těleso RADIK 21 VKM8 - 900/1400													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	810	69,84	0,070	3,55	16 x 2	39,9	0,17	142	4,77	71	379	591	2390
	502	43,29	0,044	3,15	14 x 2	31,5	0,15	99	14,87	176	104	379	1798
Připojovací šroubení:							K _v =	1,35	m ³ /h	nastavení:	9	Δ _{prv} =	104 Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíčí (připojovací závit M 30x1,5):				tlakový rozdíl k zaregulování:		Δp =	1420	K _v =	0,36	m ³ /h	nastavení:	3,5	

4 - Místnost 216 - Otopné těleso KORALUX LINEAR MAX - M 1810/750													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	308	26,56	0,027	3,44	14 x 2	18,9	0,09	65	16,97	75	0	140	1798
Armatura HM s termostatickou hlavíčí:							K _v =	0,21	m ³ /h	nastavení:	0,5		
				tlakový rozdíl k zaregulování:		Δp =	1658	K _v =	0,21	m ³ /h	nastavení:	0,5	

4 - Místnost 215 - Otopné těleso KORALINE LD 30/26/120													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	246	21,21	0,021	1,37	14 x 2	16,8	0,08	23	5,07	14	56	93	3023
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:											Δ _{prv} =	31 Pa	
Připojovací šroubení:							K _v =	1,35	m ³ /h	nastavení:	9	Δ _{prv} =	25 Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíčí (připojovací závit M 30x1,5):				tlakový rozdíl k zaregulování:		Δp =	2930	K _v =	0,12	m ³ /h	nastavení:	1	

4 - Místnost 212 - Otopné těleso RADIK 20 VKM8 - 700/800													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	283	24,40	0,025	8,40	14 x 2	18,9	0,09	159	21,37	80	33	272	3808
Připojovací šroubení:							K _v =	1,35	m ³ /h	nastavení:	9	Δ _{prv} =	33 Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíčí (připojovací závit M 30x1,5):				tlakový rozdíl k zaregulování:		Δp =	3536	K _v =	0,13	m ³ /h	nastavení:	1	

4 - Místnost 204 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 400/1200													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	249	21,47	0,022	9,77	14 x 2	16,8	0,08	164	26,67	78	1162	1404	4866
Připojovací šroubení:							K _v =	0,20	m ³ /h	nastavení:	2	Δ _{prv} =	1162 Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíčí (připojovací závit M 30x1,5):				tlakový rozdíl k zaregulování:		Δp =	3462	K _v =	0,12	m ³ /h	nastavení:	1	

4 - Místnost 205 - Otopné těleso KORALINE LD 30/26/120													
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	246	21,21	0,021	4,23	14 x 2	16,8	0,08	71	10,27	29	2346	2446	5241
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:											Δ _{prv} =	31 Pa	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,14	m ³ /h	nastavení:	1	Δ _{prv} =	2315 Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíčí (připojovací závit M 30x1,5):				tlakový rozdíl k zaregulování:		Δp =	2795	K _v =	0,13	m ³ /h	nastavení:	1	

5 -Místnost 210 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/160														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	4712	406,30	0,410	3,16	26 x 3	98,9	0,36	312	3,77	245	0	558	6034	
	3074	265,06	0,267	18,22	26 x 3	48,8	0,24	889	11,30	313	0	1202	5476	
	2736	235,92	0,238	12,50	26 x 3	38,7	0,21	484	14,90	327	410	1221	4274	
Tlaková zónového regulačního ventilu s elektrotermickým pohonem:							K _v =	3,70	m ³ /h		Δ _{prv} =	410	Pa	
	2004	172,80	0,174	5,00	20 x 2	64,9	0,24	325	2,47	71	0	395	3053	
	1272	109,68	0,111	4,70	18 x 2	56,4	0,20	265	1,17	23	0	288	2658	
	636	54,84	0,055	5,37	16 x 2	23,7	0,14	127	6,37	58	1155	1341	2370	
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:											Δ _{prv} =	313	Pa	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,60	m ³ /h	nastavení:	5	Δ _{prv} =	842	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 1029	K _v =	0,54	m ³ /h	nastavení:	5		

5 -Místnost 210 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/160														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	636	54,84	0,055	1,37	16 x 2	23,7	0,14	32	5,07	46	479	558	2370	
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:											Δ _{prv} =	313	Pa	
Připojovací šroubení:							K _v =	1,35	m ³ /h	nastavení:	9	Δ _{prv} =	166	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 1812	K _v =	0,41	m ³ /h	nastavení:	4		

5 -Místnost 210 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/180														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	732	63,12	0,064	1,37	16 x 2	33,9	0,16	46	5,07	61	1072	1180	2658	
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:											Δ _{prv} =	428	Pa	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,79	m ³ /h	nastavení:	6	Δ _{prv} =	644	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 1478	K _v =	0,52	m ³ /h	nastavení:	5		

5 -Místnost 210 - Otopné těleso KORALINE LD 45/31/180														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	732	63,12	0,064	1,37	16 x 2	33,9	0,16	46	3,77	46	649	741	3053	
Tlaková ztráta výměníku konvektoru:											Δ _{prv} =	428	Pa	
Připojovací šroubení:							K _v =	1,35	m ³ /h	nastavení:	6	Δ _{prv} =	220	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 2313	K _v =	0,42	m ³ /h	nastavení:	4		

5 -Místnost 209 - Otopné těleso RADIK 11 VKM8 - 500/1200																		
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]					
	338	29,14	0,029	5,92	14 x 2	21,0	0,10	124	29,27	157	891	1172	4274					
Připojovací šroubení:											K _v =	0,31	m ³ /h	nastavení:	3	Δ _{prv} =	891	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 3102	K _v =	0,17	m ³ /h	nastavení:	1,5						

5 -Místnost 206 - Otopné těleso RADIK 22 VKM8 - 900/1400														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
	1638	141,24	0,142	2,31	20 x 2	47,4	0,20	109	1,17	22	0	132	5476	
	1330	114,68	0,116	9,08	18 x 2	61,3	0,21	556	8,97	194	0	750	5344	
	665	57,34	0,058	9,08	16 x 2	23,7	0,14	215	20,07	201	921	1337	4594	
Připojovací šroubení:							K _v =	0,60	m ³ /h	nastavení:	5	Δ _{prv} =	921	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp = 3258	K _v =	0,32	m ³ /h	nastavení:	3		

5 - Místnost 206 - Otopné těleso RADIK 22 VKM8 - 900/1400														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{priv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{priv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	665	57,34	0,058	1,05	16	x 2	23,7	0,14	25	16,17	162	332	518	4594
Připojovací šroubení:							K _v =	1,00	m ³ /h	nastavení:	7	Δ _{priv} =	332	Pa
Termostatický ventil s termostatickou hlavíci (připojovací závit M 30x1,5):							tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	4076	K _v =	0,29	m ³ /h	nastavení:	2,5

5 - Místnost 206 - Otopné těleso KORALUX LINEAR MAX - M 1810/750														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{priv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{priv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
	308	26,56	0,027	0,91	14	x 2	18,9	0,09	17	16,97	75	0	93	4594
Armatura HM s termostatickou hlavíci:							tlakový rozdíl k zaregulování:	Δp =	4501	K _v =	0,13	m ³ /h	nastavení:	0

8.2 REGULACE OTOPNÉ VĚTVĚ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ – VARIANTA 2

8.2.1 PRVNÍ PATRO

ROZDĚLOVAČ A – VYREGULOVÁNÍ VĚTVÍ VŮČI SOBĚ

č. potrubí	Q _{ps} [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{priv} [Pa]	p _{dis} [Pa]	Δp [Pa]	kv [m ³ /h]	nastavení
PRVNÍ PATRO - ROZDĚLOVAČ A																
A1	363	52,10	0,053	35,06	16	x 2	19,4	0,13	680	19,50	161	0	841	4838	0,24	0,75
A2	597	85,85	0,087	62,38	16	x 2	70,1	0,21	4373	43,50	976	331	5679	-	1,50	zcela otevřen
A3	564	81,10	0,082	54,00	16	x 2	61,3	0,20	3310	25,50	511	0	3821	1858	0,60	1,5
A4	486	69,80	0,070	58,16	16	x 2	39,4	0,17	2292	17,50	260	0	2551	3128	0,40	1
A5	389	55,90	0,056	65,03	16	x 2	23,4	0,14	1522	31,50	300	0	1821	3858	0,29	1
A6	318	45,76	0,046	39,50	16	x 2	16,4	0,11	648	47,50	303	0	951	4729	0,21	0,75
A7	420	60,35	0,061	23,00	16	x 2	28,1	0,15	646	96,10	1066	654	2366	3314	0,33	1
Armatura HM s termostatickou hlavíci:							K _v =	0,75	m ³ /h	nastavení:	4	Δ _{priv} =	654	Pa		
A8	326	46,92	0,047	44,20	16	x 2	17,9	0,12	791	37,50	251	0	1043	4637	0,22	0,75
A9	219	31,52	0,032	33,02	16	x 2	11,9	0,08	393	41,50	126	0	518	5161	0,14	0,5
A10	452	65,02	0,066	32,53	16	x 2	33,4	0,16	1087	17,50	225	0	1312	4368	0,31	1

ROZDĚLOVAČ B – VYREGULOVÁNÍ VĚTVÍ VŮČI SOBĚ

č. potrubí	Q _{ps} [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{priv} [Pa]	p _{dis} [Pa]	Δp [Pa]	kv [m ³ /h]	nastavení
PRVNÍ PATRO - ROZDĚLOVAČ B																
B1	840	120,76	0,122	52,50	18	x 2	66,8	0,22	3507	35,50	851	0	4358	9269	0,40	1
B2	1120	160,90	0,162	77,70	18	x 2	107,5	0,29	8353	35,50	1510	0	9863	3764	0,83	1,75
B3	1223	175,71	0,177	79,50	18	x 2	127,5	0,32	10136	41,50	2106	1385	13627	-	1,50	zcela otevřen
B4	859	123,42	0,124	51,83	18	x 2	66,8	0,22	3462	37,50	939	0	4401	9226	0,41	1
B5	340	48,79	0,049	21,30	16	x 2	17,9	0,12	381	95,00	689	7418	8488	5139	0,22	0,75
Armatura HM s termostatickou hlavíci:							K _v =	0,18	m ³ /h	nastavení:	0,5	Δ _{priv} =	7418	Pa		
B6	903	129,75	0,131	112,00	18	x 2	72,1	0,24	8075	101,50	2808	0	10884	2744	0,79	1,75
B7	285	40,98	0,041	14,35	16	x 2	14,9	0,10	214	87,20	446	301	961	12666	0,12	0,25
Armatura HM s termostatickou hlavíci:							K _v =	0,75	m ³ /h	nastavení:	4	Δ _{priv} =	301	Pa		

REGULOVÁNÍ SOUSTAVY

HLAVNÍ VĚTEV PRVNÍHO PATRA - OTOPNÁ VĚTEV PDOLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ 1 - ROZDĚLOVAČ B														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δ _{dis} [Pa]	
1	5569	800,31	0,807	39,18	32 x 3	93,1	0,42	3648	45,27	4003	15415	23066	23066	
Nejdelší větev na rozdělovači B:											Δ _{prv} =	13627 Pa		
Kulový kohout DN 25:							K _v =	55,00 m ³ /h	nastavení:	otevřen	Δ _{prv} =	21 Pa		
Vyvažovací ventil DN15:							K _v =	6,05 m ³ /h	nastavení:	6	Δ _{prv} =	1766 Pa		
2	9704	1394,63	1,407	4,22	40 x 3,5	81,2	0,46	343	17,90	1852	26284	28479	51544	
Trojcestný ventil:							K _v =	4,0 m ³ /h			Δ _{prv} =	13200 Pa		
Vyvažovací ventil STRÖMAX-GR DN 32:							K _v =	12,4 m ³ /h	nastavení:	5,5	Δ _{prv} =	1280 Pa		
Tlaková ztráta větve od AN po RS:											Δ _{prv} =	11804 Pa		

ROZDĚLOVAČ A														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δ _{dis} [Pa]	
4135	594,32	0,599	0,74	32 x 3	54,6	0,31	40	9,97	486	5691	6217	23066		
Nejdelší větev na rozdělovači A:											Δ _{prv} =	5679 Pa		
Kulový kohout DN 25:							K _v =	55,00 m ³ /h	nastavení:	otevřen	Δ _{prv} =	12 Pa		
Vyvažovací ventil DN15:							tlakový rozdíl k zaregulování:	Δ _p =	16848	K _v =	1,45 m ³ /h	nastavení:	2,2	

8.2.2 DRUHÉ PATRO

ROZDĚLOVAČ C – VYREGULOVÁNÍ VĚTVÍ VŮČI SOBĚ

č. potrubí	Q _{ps} [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	p _{dis} [Pa]	Δ _p [Pa]	kv [m ³ /h]	nastavení
DRUHÉ PATRO - ROZDĚLOVAČ C															
C1	1029	147,88	0,149	118,50	18 x 2	95,0	0,27	11258	95,50	3430	981	15668	-	1,50	zcela otevřen
C2	340	48,79	0,049	24,72	16 x 2	17,9	0,12	442	101,30	734	7418	8594	7074	0,18	0,5
Armatura HM s termostatickou hlavici:							K _v =	0,18 m ³ /h	nastavení:	0,5	Δ _{prv} =	7418 Pa			
C3	420	60,36	0,061	15,70	16 x 2	28,1	0,15	441	90,90	1008	4086	5535	10133	0,19	0,5
Armatura HM s termostatickou hlavici:							K _v =	0,30 m ³ /h	nastavení:	1	Δ _{prv} =	4086 Pa			
C4	727	104,45	0,105	46,13	18 x 2	51,1	0,19	2357	29,50	529	0	2886	12783	0,29	1
C5	971	139,58	0,141	66,34	18 x 2	83,2	0,25	5519	32,50	1040	0	6559	9109	0,46	1,25
C6	1011	145,30	0,147	73,45	18 x 2	89,0	0,26	6537	35,50	1231	0	7768	7901	0,52	1,25
C7	770	110,71	0,112	51,13	18 x 2	56,7	0,20	2899	27,50	553	0	3453	12216	0,32	1

ROZDĚLOVAČ D – VYREGULOVÁNÍ VĚTVÍ VŮČI SOBĚ

č. potrubí	Q _{ps} [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	p _{dis} [Pa]	Δ _p [Pa]	kv [m ³ /h]	nastavení
DRUHÉ PATRO - ROZDĚLOVAČ D															
D1	270	38,77	0,039	35,50	16 x 2	14,9	0,10	529	20,50	94	0	623	580	0,51	1,25
D2	339	48,76	0,049	26,62	16 x 2	17,9	0,12	476	21,50	155	0	632	571	0,65	1,5
D3	366	52,67	0,053	34,05	16 x 2	19,4	0,13	661	49,50	418	124	1203	-	1,50	zcela otevřen
D4	317	45,49	0,046	31,90	16 x 2	16,4	0,11	523	19,50	123	0	646	557	0,61	1,5

ROZDĚLOVAČ E – VYREGULOVÁNÍ VĚTVÍ VŮČI SOBĚ

č. potrubí	Q _{ps} [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	p _{dis} [Pa]	Δ _p [Pa]	kv [m ³ /h]	nastavení
DRUHÉ PATRO - ROZDĚLOVAČ E															
E1	830	119,26	0,120	52,50	18 x 2	66,8	0,22	3507	35,50	829	0	4336	8700	0,41	1,25
E2	1106	159,02	0,160	78,00	18 x 2	107,5	0,29	8385	35,50	1474	0	9859	3177	0,90	2
E3	1208	173,56	0,175	79,80	18 x 2	120,7	0,32	9632	41,50	2053	1351	13036	-	1,50	zcela otevřen
E4	848	121,83	0,123	52,14	18 x 2	66,8	0,22	3483	37,50	914	0	4397	8639	0,42	1,25
E5	340	48,79	0,049	23,40	16 x 2	17,9	0,12	419	93,50	677	2670	3767	9270	0,16	0,5
Armatura HM s termostatickou hlavici:							K _v =	0,30 m ³ /h	nastavení:	1	Δ _{prv} =	2670 Pa			
E6	924	132,80	0,134	112,30	18 x 2	77,6	0,24	8714	101,50	2940	0	11654	1382	1,14	2,5
E7	420	60,36	0,061	14,34	16 x 2	28,1	0,15	403	90,90	1008	1216	2626	10410	0,19	0,5
Armatura HM s termostatickou hlavici:							K _v =	0,55 m ³ /h	nastavení:	3	Δ _{prv} =	1216 Pa			

REGULOVÁNÍ SOUSTAVY

HLAVNÍ VĚTEV DRUHÉHO PATRA - OTOPNÁ VĚTEV PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ 2 - ROZDĚLOVAČ E														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δ _{dis} [Pa]	
1	5675	815,62	0,823	16,05	26 x 3	97,1	0,73	1558	23,47	6156	14893	22608	22608	
Nejdelší větev na rozdělovači E:											Δ _{prv} =	13036	Pa	
Kulový kohout DN 25:						K _v =	55,00	m ³ /h	nastavení:	otevřen	Δ _{prv} =	22	Pa	
Vyvažovací ventil DN15:						K _v =	6,05	m ³ /h	nastavení:	6	Δ _{prv} =	1835	Pa	
2	6967	1001,31	1,010	18,20	40 x 3,5	45,1	0,33	821	22,17	1182	0	2003	24611	
3	12236	1758,40	1,774	7,09	40 x 3,5	122,6	0,58	869	15,30	2517	20234	23620	48231	
Trojcestný ventil:						K _{vS} =	6,3	m ³ /h			Δ _{prv} =	7300	Pa	
Vyvažovací ventil STRÖMAX-GR DN 32:						K _{vS} =	16,6	m ³ /h	nastavení:	7,0	Δ _{prv} =	1130	Pa	
Tlaková ztráta větve od AN po RS:											Δ _{prv} =	11804	Pa	

ROZDĚLOVAČ D														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δ _{dis} [Pa]	
1292	185,69	0,187	1,21	20	x 2	74,6	0,26	90	11,77	391	1	482	22608	
Nejdelší větev na rozdělovači D:											Δ _{prv} =	1203	Pa	
Kulový kohout DN 25:						K _v =	55,00	m ³ /h	nastavení:	otevřen	Δ _{prv} =	1	Pa	
Vyvažovací ventil DN20:						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δ _p =	22125	K _v =	0,40	m ³ /h	nastavení:	0,8	

ROZDĚLOVAČ C														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δ _{dis} [Pa]	
5268	757,08	0,764	3,35	32	x 3	85,5	0,40	286	10,47	828	15688	16802	24611	
Nejdelší větev na rozdělovači C:											Δ _{prv} =	15668	Pa	
Kulový kohout DN 25:						K _v =	55,00	m ³ /h	nastavení:	otevřen	Δ _{prv} =	19	Pa	
Vyvažovací ventil DN15:						tlakový rozdíl k zaregulování:	Δ _p =	7809	K _v =	2,72	m ³ /h	nastavení:	3,1	

8.3 NÁVRH DIMENZE A REGULACE VĚTVE OHŘEVU TV

8.3.1 VARIANTA 1

VĚTEV TV - VARIANTA 1														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δ _{dis} [Pa]	
1	7100	408,09	0,412	12,54	32 x 3	60,2	0,22	755	25,1	577	27597	28929	28929	
Tlaková ztráta zásobníku:											dle grafu	Δ _{prv} =	9100	Pa
Trojcestný ventil:						K _{vS} =	1,6	m ³ /h			Δ _{prv} =	6500	Pa	
Vyvažovací ventil STRÖMAX-GR DN 20 :						K _v =	3,99	m ³ /h	nastavení:	3,9	Δ _{prv} =	1056	Pa	
Tlaková ztráta větve od AN po RS:											Δ _{prv} =	10941	Pa	

8.3.2 VARIANTA 2

VĚTEV TV - VARIANTA 2														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δ _{dis} [Pa]	
1	7100	408,09	0,412	12,54	32 x 3	60,2	0,22	755	25,1	577	28460	29792	29792	
Tlaková ztráta zásobníku:											dle grafu	Δ _{prv} =	9100	Pa
Trojcestný ventil:						K _{vS} =	1,6	m ³ /h			Δ _{prv} =	6500	Pa	
Vyvažovací ventil STRÖMAX-GR DN 20 :						K _v =	3,99	m ³ /h	nastavení:	3,9	Δ _{prv} =	1056	Pa	
Tlaková ztráta větve od AN po RS:											Δ _{prv} =	11804	Pa	

8.4 NÁVRH DIMENZE A REGULACE VĚTVE PRO OHŘÍVAČ VZT

8.4.1 REGULACE A NÁVRH DIMENZE POTRUBÍ PO ZKRAT

VARIANTA 1

VĚTEV VZT - TALKOVÉ ZTRÁTY OD RS PO ZKRAT - VARIANTA 1														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
1A	27418	2363,90	2,388	24,65	40 x 3,5	201,2	0,78	4960	29,4	8752	12533	26245	26245	
Regulační ventil STRÖMAX-GR DN 32: nastavení: 9,0 K _v = 18,83 m ³ /h											Δ _{prv} =	1592 Pa		
Tlaková ztráta větve od AN po RS:											Δ _{prv} =	10941 Pa		
zkrat (10% průtok)	27418	2363,90	0,240	0,44	40 x 3,5	3,8	0,08	2	35	105	0	107	26352	
Regulátor průtoku KOBOLD REG - 0104:														

VARIANTA 2

VĚTEV VZT - TALKOVÉ ZTRÁTY OD RS PO ZKRAT - VARIANTA 2														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
1A	27418	2363,90	2,388	24,65	40 x 3,5	201,2	0,78	4960	29,4	8752	13396	27108	27108	
Regulační ventil STRÖMAX-GR DN 32: nastavení: 9,0 K _v = 18,83 m ³ /h											Δ _{prv} =	1592 Pa		
Tlaková ztráta větve od AN po RS:											Δ _{prv} =	11804 Pa		
zkrat (10% průtok)	27418	2363,90	0,240	0,44	40 x 3,5	3,8	0,08	2	35	105	0	107	27215	
Regulátor průtoku KOBOLD REG - 0104:														

8.4.2 REGULACE A NÁVRH DIMENZE POTRUBÍ PRO OKRUH OHŘÍVAČE

VĚTEV VZT - TLAKOVÉ ZTRÁTY OD ZKRATU PO OHŘÍVAČ VZT														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]	
1	27418	2363,90	2,388	1,36	40 x 3,5	201,2	0,78	274	7,9	2352	25786	28411	28411	
Tlaková ztráta ohřivače:							K _v =	6,99 m ³ /h	Δ _{prv} =	11553 Pa				
Trojcestný ventil:							K _{vS} =	4,0 m ³ /h	Δ _{prv} =	14233 Pa				

8.5 NÁVRH DIMENZE A REGULACE VĚTVE MEZI ROZDĚLOAČEM A SBĚRAČEM A AKUMULAČNÍ NÁDOBOU

8.5.1 VARIANTA 1

TLAKOVÉ ZTRÁTY MEZI AKUMULAČNÍ NÁDRŽÍ A ROZDĚLOVAČEM A SBĚRAČEM - VARIANTA 1														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	Materiál	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
1	53048	3049,10	3,077	9,59	Cu	54 x 2	45,7	0,44	438	23,3	2188	8315	10941	10941
Přepínací ventil ESBE VRG 231 DN 32:							K _{vS} =	16,0 m ³ /h	Δ _{prv} =	3665 Pa				
Tlaková ztráta elektrokotle:									Δ _{prv} =	4650 Pa				

8.5.2 VARIANTA 2

TLAKOVÉ ZTRÁTY MEZI AKUMULAČNÍ NÁDRŽÍ A ROZDĚLOVAČEM A SBĚRAČEM - VARIANTA 2														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	I [m]	Materiál	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.I [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.I + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
1	56458	3245,10	3,275	9,59	Cu	54 x 2	49,5	0,46	475	23,3	2478	8851	11804	11804
Přepínací ventil ESBE VRG 231 DN 32:							K _{vS} =	16,0 m ³ /h	Δ _{prv} =	4151 Pa				
Tlaková ztráta elektrokotle:									Δ _{prv} =	4700 Pa				

8.6 NÁVRH DIMENZE A REGULACE VĚTVE MEZI AKUMULAČNÍ NÁDOBOU A ZDROJEM TEPLA

8.6.1 VARIANTA 1

TLAKOVÉ ZTRÁTY MEZI TEPELNÝM ČERPADLEM A AN - VARIANTA 1														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	Materiál	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δρ _{dis} [Pa]
1	-	6044,67	6,100	29,98	Cu	54 x 2	155	0,86	4647	34,6	12767	5800	23214	23214
Tlaková ztráta tepelného čerpadla :												Δ _{prv} =	5800	Pa
Minimální průtok, který uvádí výrobce je 5,3 m ³ /h.														

8.6.2 VARIANTA 2

TLAKOVÉ ZTRÁTY MEZI TEPELNÝM ČERPADLEM 1 A AN - VARIANTA 2														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	Materiál	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δρ _{dis} [Pa]
1	-	4261,00	4,300	33,97	Cu	54 x 2	81,5	0,61	2768	39,3	7206	3374	13348	13348
Tlaková ztráta tepelného čerpadla :												Δ _{prv} =	1900	Pa
Vyvažovací ventil STRÓMAX-GR DN 50 :												Δ _{prv} =	1474	Pa
							K _v =	35,26	m ³ /h	nastavení:	6,9			
Minimální průtok, který uvádí výrobce jsou 3,0 m ³ /h.														

TLAKOVÉ ZTRÁTY MEZI TEPELNÝM ČERPADLEM 2 A AN - VARIANTA 2														
Číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	M [m ³ /h]	l [m]	Materiál	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δ _{prv} [Pa]	R.l + Z + Δ _{prv} [Pa]	Δρ _{dis} [Pa]
1	-	4261,00	4,300	40,38	Cu	54 x 2	81,5	0,61	3291	39,3	7206	3374	13871	13871
Tlaková ztráta tepelného čerpadla :												Δ _{prv} =	1900	Pa
Vyvažovací ventil STRÓMAX-GR DN 50 :												Δ _{prv} =	1474	Pa
							K _v =	35,26	m ³ /h	nastavení:	6,9			
Minimální průtok, který uvádí výrobce jsou 3,0 m ³ /h.														

8.7 TECHNICKÉ LISTY ARMATUR

Technický list ventilu VENTIL KOMPAKT pro tělesa VK

VŠEOBECNÉ ÚDAJE

Při použití deskových otopných těles RADIK v provedení VKM8 je nezbytné, aby pro jejich správnou funkci byl stupeň nastavení ventilu stanoven výpočtem a byl uveden v projektové dokumentaci. Při realizaci otopné soustavy musí být montážní organizací respektován. Z výroby je ventil přednastaven na stupeň 8 a po proplachu před zahájením topné zkoušky musí být nastaven speciálním klíčkem na požadovaný stupeň nastavení.

Termostatické hlavice

Pro nastavení a regulaci požadované teploty vzduchu ve vytápěné místnosti je nezbytné, aby na otopná tělesa v provedení RADIK VKM8 byla osazena termostatická hlavice. Pro přímou montáž lze použít pouze termostatické hlavice s přípojovacím závitem M 30 x 1,5.



Příklad výpočtu

Hledáno: stupeň nastavení

Dáno: tepelný výkon
ochlazení vody
tlaková ztráta otopného tělesa s ventilem
tepelná kapacita vody

$Q = 1135 \text{ W}$
 $t_1 - t_2 = 15 \text{ K (65/50 °C)}$
 $\Delta p = 30 \text{ mbar}$
 $c = 1,163 \text{ Wh/kg.K}$

Řešení: hmotnostní průtok

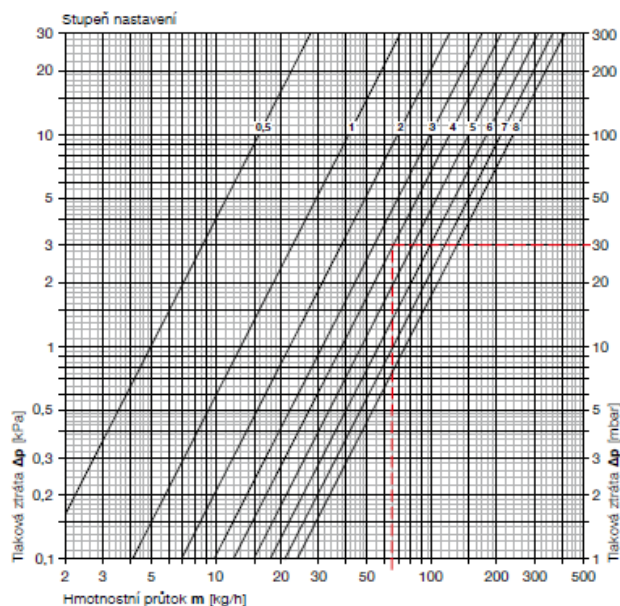
$$m = \frac{Q}{c \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{1135}{1,163 \cdot 15} = 65 \text{ kg/h}$$

stupeň nastavení ventilu (viz diagram):

4

Tabulka

Otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPACT bez přípojovacích armatur																
Ventil s termostatickou hlavice																
Stupeň nastavení ventilu	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_v [m ³ /h]	0,05	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,66	0,71	0,75
Ventil bez termostatické hlavice																
Stupeň nastavení ventilu	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_v [m ³ /h]	0,05	0,16	0,22	0,27	0,33	0,38	0,41	0,43	0,54	0,65	0,82	0,98	1,11	1,23	1,33	1,43



Obrázek 39 - Technické údaje ventilu Kompakt pro tělesa VK [23]

Technický list regulačního a uzavíracího šroubení VEKOLUXIVAR pro dvoutrubkový systém – rohový a přímý



3) Charakteristika použití:

- Radiátorové šroubení rohové s převlečnými maticemi pro připojení otopných těles typ VK a VKM.
- Umožňuje regulaci průtoku vody otopným tělesem nebo jeho úplné uzavření.
- Plynule nastavitelný regulační člen s měkkým těsněním, zaručuje velmi přesnou regulaci průtoku a optimální vyvážení topného systému.
- Možnost odstavení otopného tělesa bez vypouštění celého systému.
- Šroubení je vybaveno těsněním ve víčku, které zabraňuje odkapávání vody v případě opotřebení pryžových těsnění kuželky.
- K připojení na plastové a měděné potrubí pomocí svěrného šroubení IVAR.TR (měď), IVAR.TA (ALPEX) a IVAR.TP (plast).

5) Technické a provozní parametry:

Maximální provozní tlak	10 bar
Maximální provozní teplota	+120 °C
Připojovací rozměr	EK x 3/4" F; M 24 x 3/4" F
Provedení závitů	dle ISO 228/1
Osová vzdálenost připojení	50 mm
Provedení	rohové
Materiál	tělo niklovaná mosaz CW617N, těsnění O-kroužek peroxid EPDM, bezazbestové těsnění ve víčku
Použitelné pro otopná tělesa s 3/4" vnějším závitem	COSMONOVA, KERMI, BUDERUS (přímo)
Použitelné pro otopná tělesa s 1/2" vnitřním závitem	KORADO, PURMO, RADSON (nutno objednat 2 ks adaptéru IVAR.AVK 01)

Obrázek 40 - Technické údaje dvojitého rohového uzavíracího šroubení IVAR [39]

1) Výrobek: **VEKOLUXIVAR PRO DVOUSTRUBKOVÝ SYSTÉM**
- **přímý**

2) Typ: **IVAR.DD 345**
IVAR.DD 343



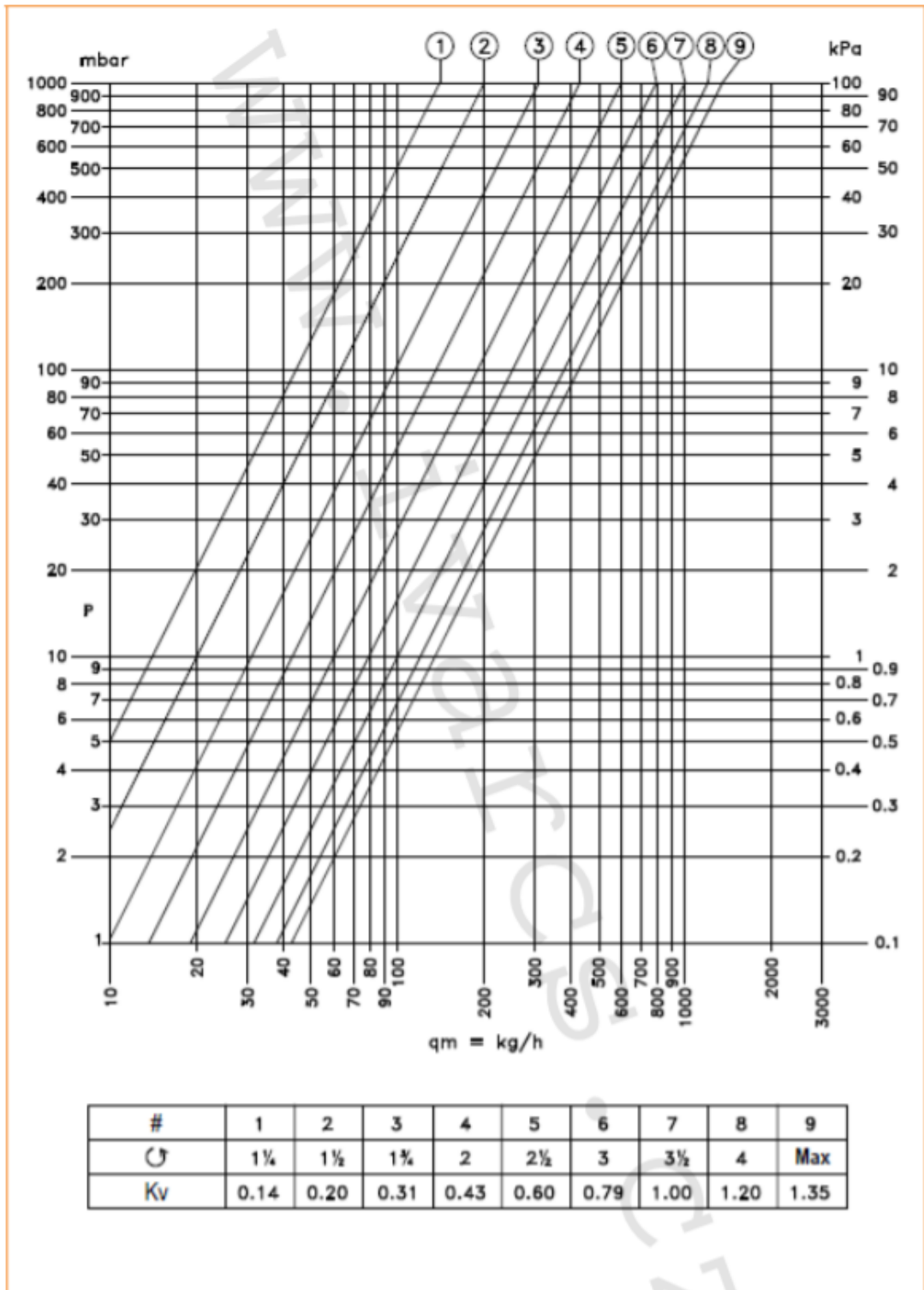
3) Charakteristika použití:

- Radiátorové šroubení přímé s převlečnými maticemi pro připojení otopných těles typ VK a VKM.
- Umožňuje regulaci průtoku vody otopným tělesem nebo jeho úplné uzavření.
- Plynule nastavitelný regulační člen s měkkým těsněním, zaručuje velmi přesnou regulaci průtoku a optimální vyvážení otopného systému.
- Možnost odstavení otopného tělesa bez vypouštění celého systému.
- Šroubení je vybaveno těsněním ve víčku, které zabraňuje odkapávání vody v případě opotřebení pryžových těsnění kuželky.
- K připojení na plastové a měděné potrubí pomocí svěrného šroubení IVAR.TR (měď), IVAR.TA (ALPEX) a IVAR.TP (plast).

4) Tabulka s objednáacími kódy a základními údaji:

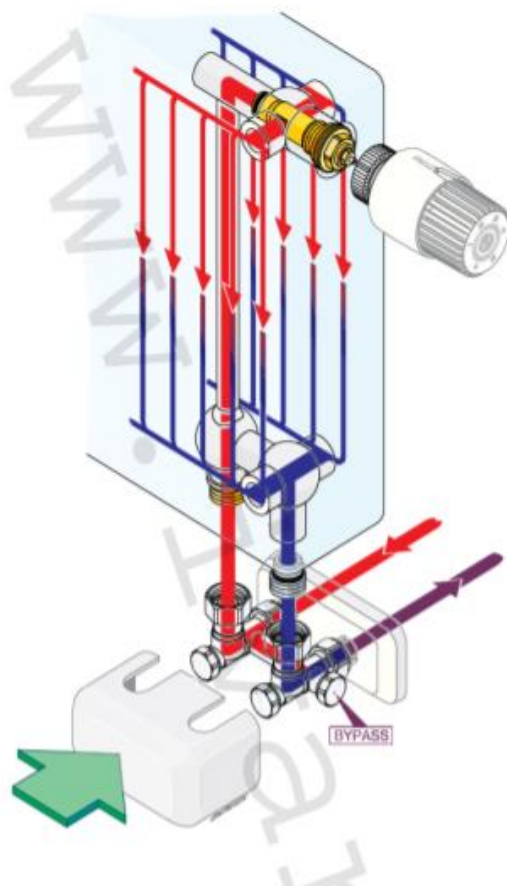
KÓD	TYP	SPECIFIKACE
500845	IVAR.DD 345	EK x 3/4" F
500844	IVAR.DD 343	M 24 x 3/4" F

Obrázek 41 - Technické údaje dvojitého přímého uzavíracího šroubení IVAR [39]



Obrázek 42 - Technické údaje uzavíracího šroubení IVAR – charakteristika [39]

9) Řez připojením k tělesu:



5) Technické a provozní parametry:

Maximální provozní tlak	10 bar
Maximální provozní teplota	+120 °C
Připojovací rozměr	EK x 3/4" F; M 24 x 3/4" F
Provedení závitů	dle ISO 228/1
Osová vzdálenost připojení	50 mm
Provedení	přímé
Materiál	tělo niklovaná mosaz CW617N, těsnění O-kroužek peroxid EPDM, bezazbestové těsnění ve víčku
Použitelné pro otopná tělesa s 3/4" vnějším závitem	COSMONOVA, KERMI, BUDERUS (přímo)
Použitelné pro otopná tělesa s 1/2" vnitřním závitem	KORADO, PURMO, RADSON (nutno objednat 2 ks adaptéru IVAR.AVK 01)

Obrázek 43 - Technické údaje uzavíracího šroubení IVAR [39]

Technický list armatury HM pro připojení otopných těles KORALUX

Popis

ARMATURA HM je speciálně vyvinuta pro připojení deskových otopných těles RADIK MM, RADIK PLAN (LINE) VERTIKAL - M a RADIK PREMIUM tj. otopného tělesa bez ventilu se spodním připojením s roztečí 50 mm. S výhodou ji lze také použít pro všechna další otopná tělesa KORALUX a KORATHERM se stejným způsobem připojení na otopnou soustavu.

Jedná se o integrovanou armaturu, tj. v těle armatury je integrován ventil a regulační uzavírací šroubení, a lze tedy odpojit otopné těleso od otopné soustavy bez přerušení provozu. **Díky speciální konstrukci armatury jsou vývody pro připojení přívodního a zpětného potrubí libovolně volitelné.**

Armatura umožňuje přednastavení průtoku otopným tělesem, jeho uzavření na vstupu i výstupu a díky termostatické hlavici regulaci tepelného výkonu otopného tělesa v závislosti na teplotě ve vytápěné místnosti. Stupeň přednastavení je dán počtem otáček kuželky regulačního šroubení z polohy „uzavřeno“. Přednastavení regulačního stupně je reprodukovatelné, tj. při uzavření průtoku a následném otevření nedojde ke změně v nastavení regulačního stupně.

Sortiment

Součástí dodávky připojovací ARMATURY HM je:

- integrovaná armatura v přímém nebo rohovém provedení
- termostatická hlavice v barvě bílá nebo odstín „chrom“
- 2 ks redukce G 1/2 na G 3/4 s těsnícím „O“ kroužkem
- 2 ks plochého těsnění z EPDM pryže
- montážní návod a návod na obsluhu

Na zvláštní požadavek je možno dodat:

- univerzální krytku armatury v barvě bílá
- univerzální krytku armatury v odstínu „chrom“

Způsob objednání

ARMATURA HM

	Provedení	Barva termostatické hlavice	Objednací číslo	Cena
	přímá	bílá	Z-D023	1 624
		chrom	Z-D024	2020
	rohová	bílá	Z-D025	1 693
		chrom	Z-D026	2 095

Krytka ARMATURY HM

	univerzální	bílá	Z-D027	100
		chrom	Z-D028	115

Použití

Armatura je určena pro dvoutrubkové otopné soustavy s nuceným oběhem. Lze ji použít u následujícího sortimentu otopných těles společnosti KORADO, a.s.:

Produktová řada	Model otopného tělesa
RADIK	RADIK PLAN VERTIKAL - M
	RADIK LINE VERTIKAL - M
	RADIK MM
	RADIK PREMIUM
	RADIK PLAN PREMIUM
KORALUX	KORALUX LINEAR MAX - M
	KORALUX LINEAR COMFORT - M
	KORALUX LINEAR CLASSIC - M
	KORALUX LINEAR EXCLUSIVE - M
KORATHERM	KORALUX RONDO MAX - M
	KORALUX RONDO COMFORT - M
	KORALUX RONDO CLASSIC - M
	KORALUX RONDO EXCLUSIVE - M
KORATHERM	KORATHERM HORIZONTAL - M
	KORATHERM VERTIKAL - M

Upozornění:

Při použití stojánkových konzol Z-U580, Z-U581 u modelu KORATHERM HORIZONTAL - M lze použít připojovací ARMATURU HM od délky L = 700 mm.

Způsob připojení

Připojení na otopnou soustavu je vnějším závitem G 3/4 a lze využít svěrná spojení pro měděné, plastové, přesné ocelové nebo vícevrstvé trubky.

Připojení armatury k otopnému tělesu je pomocí samotěsnící dvojité vsuvky (redukce) G 1/2 na G 3/4, která je součástí dodávky.

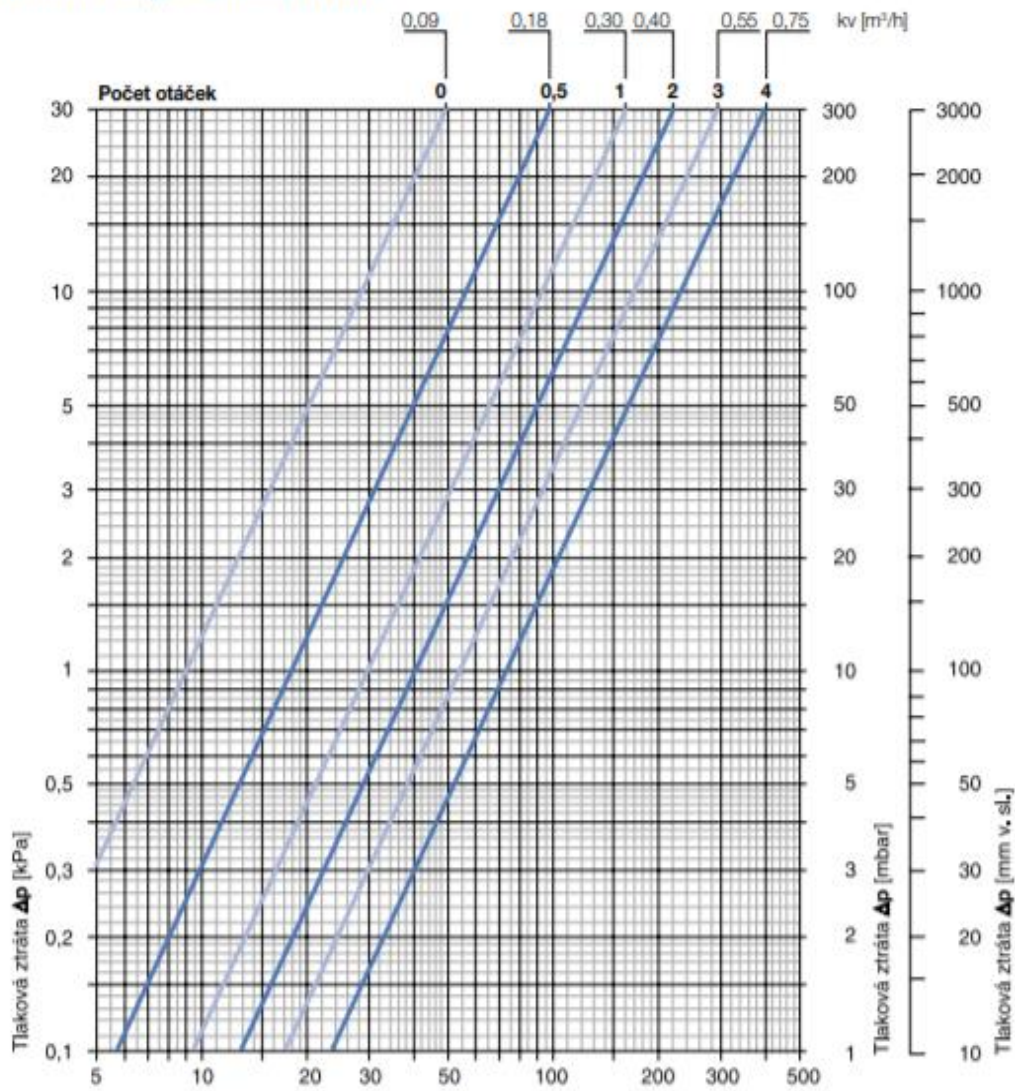
Ventil armatury je opatřen vnějším připojovacím závitem M 30 x 1,5 pro montáž termostatické hlavice, která je součástí dodávky připojovací ARMATURY HM.

Obrázek 44 - Technické údaje připojovací HM armatury [24]

ARMATURA HM



Technické údaje - armatura HM



Hmotnostní průtok m [kg/h] (při pásmu proporcionality $X_p=2K$)

ARMATURA HM s termostatickou Návodí	X_p [K]	k_v [m ² /h] při přednastavení na stupeň (počet otáček)						k_{vs} [m ² /h]	Max. teplota [°C]	Max. provozní tlak [bar]	Max. tlaková diference, při níž ventil ještě uzavírá Δp [bar]
		0	0,5	1	2	3	4				
DN 15 (1/2"); přímá a rohová armatura; dvoutrubková otopná soustava	1	0,09	0,17	0,22	0,25	0,28	0,38	1,10	120	10	1,0
	2	0,08	0,18	0,30	0,40	0,55	0,75				

Obrázek 45 - Technické údaje připojovací HM armatury - charakteristika [24]

Technický list axiálního termostatického ventilu pro otopnou lavici KORALINE LD

TECHNICKÉ PARAMETRY

Axiální termostatický ventil 425

- obsah standardní dodávky

- maximální provozní tlak: PN 10
- maximální provozní teplota: 120 °C
- typ připojení: M 30 x 1,5
- připojení – potrubí: 1/2"
- připojení – těleso: 1/2" – těsnění O-kroužek
- hodnoty K_{vs} : 0,8



Hodnoty pro axiální termostatický ventil 425

Přednastavení	S termostatickou hlavici 2K [m³/h]	Bez termostatické hlavice K_{vs} [m³/h]
1	0,10	0,10
2	0,20	0,20
3	0,30	0,30
4	0,40	0,40
5	0,50	0,57
6	0,60	0,80

Tento typ ventilu je součástí standardní dodávky otopných lavic KORALINE.

Prodlužovací kus 425

- obsah standardní dodávky

- slouží k dorovnání výšky mezi vstupem a výstupem šroubení u víceřadých výměníků
- mosazné provedení
- připojovací závit G 1/2" vnitřní
- těsnění O-kroužek



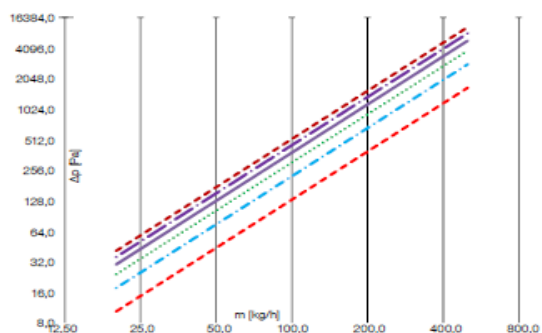
Obrázek 46 - Technické údaje axiálního termostatického ventilu pro otopnou lavici KORALINE LD [25]

Technický list tlakových ztrát otopných lavic KORALINE LD

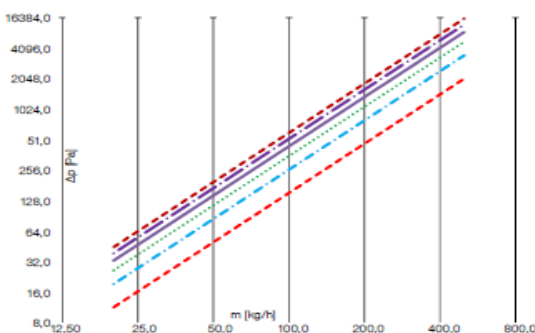
KORALINE LK 15/23, 23/23, 30/23, LD 30/26 (výška/šířka)

Délka L [mm]	Hmotnostní průtok m [kg/h]											
	20	40	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	Tlakové ztráty výměníku Δp [Pa]											
600	18	58	191	279	559	915	1341	1832	2385	2997	3667	4391
800	22	73	241	352	706	1155	1692	2311	3009	3782	4627	5541
1000	27	89	288	422	845	1383	2026	2768	3604	4530	5542	6637
1200	31	102	334	489	979	1602	2348	3208	4177	5249	6422	7692
1400	35	115	378	554	1109	1815	2660	3634	4731	5946	7275	8713
1600	39	129	421	617	1236	2022	2963	4048	5271	6624	8104	9706
1800	43	141	463	679	1359	2224	3259	4453	5797	7286	8914	10676
2000	47	154	505	739	1480	2422	3549	4849	6313	7934	9707	11625
2200	51	166	545	799	1599	2616	3833	5237	6819	8570	10484	12556
2400	54	179	585	857	1715	2807	4112	5619	7316	9194	11248	13472
2600	58	190	624	914	1830	2994	4387	5995	7805	9809	12000	14372
2800	62	202	662	971	1943	3179	4658	6385	8287	10415	12742	15260
3000	65	214	700	1026	2054	3362	4926	6730	8762	11012	13473	16135

KORALINE LK 15/18, 23/18, 30/18



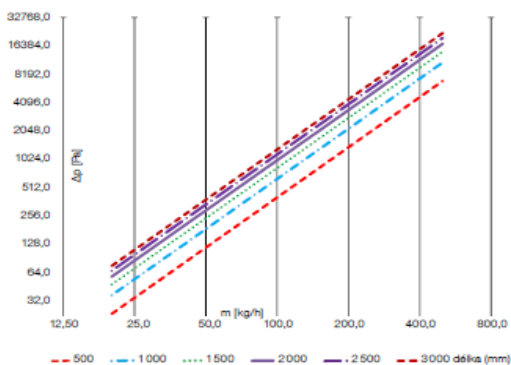
KORALINE LK 15/23, 23/23, 30/23, LD 30/26



KORALINE LD 45/31 (výška/šířka)

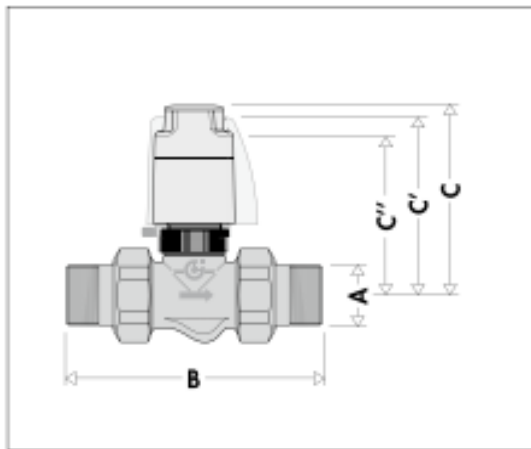
Délka L [mm]	Hmotnostní průtok m [kg/h]											
	20	40	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	Tlakové ztráty výměníku Δp [Pa]											
600	25	87	297	441	905	1506	2236	3089	4059	5143	6336	7637
800	31	105	359	532	1092	1818	2700	3729	4901	6209	7650	9220
1000	36	122	415	616	1264	2104	3125	4316	5672	7186	8853	10670
1200	40	137	468	694	1424	2371	3521	4863	6391	8097	9975	12023
1400	44	151	517	768	1575	2623	3895	5380	7089	8956	11035	13300
1600	48	165	564	838	1719	2862	4250	5871	7715	9775	12043	14515
1800	52	179	610	905	1857	3092	4591	6342	8334	10558	13006	15676
2000	56	191	653	970	1990	3313	4919	6795	8929	11312	13937	16796
2200	60	204	695	1033	2118	3526	5236	7232	9504	12041	14835	17879
2400	63	216	736	1093	2242	3733	5543	7656	10061	12746	15704	18927
2600	67	227	776	1152	2363	3933	5841	8088	10802	13432	16549	19946
2800	70	238	814	1209	2480	4129	6131	8489	11129	14100	17372	20937
3000	73	249	852	1265	2595	4320	6415	8861	11643	14751	18175	21905

KORALINE LD 45/31



Obrázek 47 - Technické údaje otopné lavice KORALINE LD - tlakové ztráty [25]

Technický list zónového regulačního ventilu

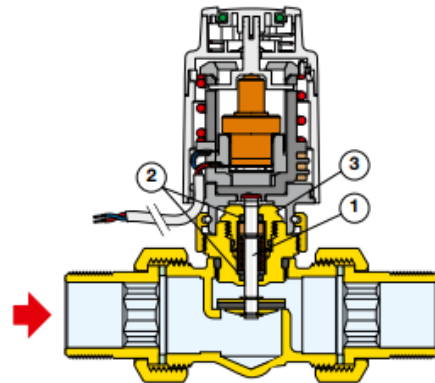


Code	A	B	C	C'	C''	Mass (kg)
676040	1/2"	113	95	89	81	0,738
676050	3/4"	113	95	89	81	0,791
676060	1"	122	95	89	81	0,828

Operating principle

When a room thermostat trips, the thermo-electric actuator opens or closes the obturator of the valve that controls the heat-transfer medium.

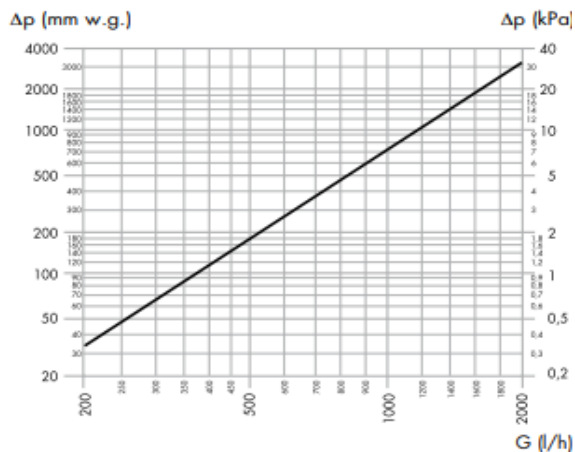
The actuator is operated by a wax expansion thermostat heated by a PTC resistor, which automatically limits the current flow when the working temperature is reached.



676 series 2-way valve with 6563 series actuator

Hydraulic characteristics

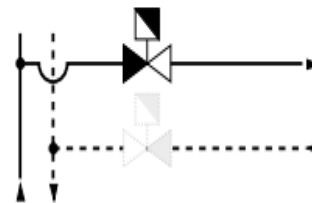
Valve "OPENING" operation



Installation

When installing zone valves, ensure that the water flow is in the direction of the arrows on the valve body.

The 676 series two-way valve can be installed on both the flow and return pipes.



Zone valve + 656 series	Series	DN	Kv (m ³ /h)		Δp _{max} (bar)	
			open	by-pass		
	676		3,7	-		1,2
	677	1/2" - 1"	3,7	1,0		1,2
678			3,7	1,0	1,2	

Obrázek 48 - Technické údaje zónového regulačního ventilu Caleffi [40]

Technický list trojcestného směšovacího ventilu ESBE VRG 130



Patentované a registrované provedení

SMĚŠOVACÍ VENTIL

Řada VRG130

- Výborná regulace pro dosažení nejvyšší účinnosti
- Nejnižší míra vnitřní netěsnosti na trhu (< 0,05 %)
- Kompaktní, flexibilní a snadno se instaluje
- Dlouhodobý provoz a vysoká odolnost
- Ideální volba mezi ventily a pohony ESBE

Řada VRG130 obsahuje trojcestné ventily vhodné ke směšování nebo rozdělování průtoků. Ventily jsou vyrobeny z vysoce odolné mosazi, proto je lze používat v rozvodech vytápění a chlazení. Řada VRG je k dispozici v provedení DN15-50 a dodává se s různými typy připojení, aby vyhovovala většině rozměrů potrubí. Ventil lze dokonale kombinovat s pohony a regulátory ESBE.

TECHNICKÉ ÚDAJE

Tlaková třída: _____ PN 10
 Teplota média: _____ max. (trvalá) +110 °C
 _____ max. (dočasná) +130 °C
 _____ min. -10 °C
 Moment (při jmenovitém tlaku): DN15-32: _____ < 3 Nm
 DN40-50: _____ < 5 Nm
 Netěsnost v % *: _____ Směšování < 0,05 %
 _____ Rozdělování < 0,02 %
 Pracovní tlak: _____ 1 MPa (10 bar)
 Max. rozdíl tlakové ztráty: _____ Směšování, 100 kPa (1 bar)
 _____ Rozdělování, 200 kPa (2 bar)
 Uzávěrný tlak: _____ 200 kPa (2 bar)
 Regulační rozsah Kv/Kv^{min}, AAB: _____ 100
 Připojení: _____ Vnitřní závit, EN 10226-1
 _____ Vnější závit, ISO 228/1
 _____ Svěrné kroužky, EN 12542
 Média: _____ Topná voda (podle VDI2035)
 _____ Směs vody/glykolu, max. 50% **
 (s příměsí nad 20 % je nutné zkontrolovat údaje o čerpání)
 _____ Směs vody/ethanolu, max. 28%

Matériál
 Tělo ventilu: _____ Mosaz odolná proti ztrátě zinku, DZR
 Šoupátka: _____ Mosaz odolná oděru
 Drák a pouzdra: _____ Kompozit, PPS
 O-kroužky: _____ EPDM

PEĐ 2014/68/EU, článek 4.3

* Rozdílový tlak 100 kPa (1 bar)
 ** Další informace viz str. 112



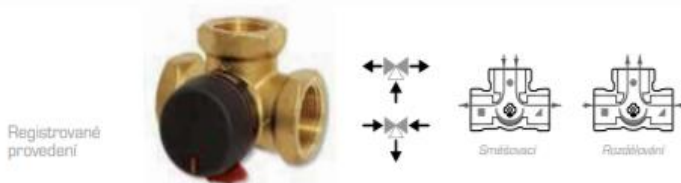
VRG131 vnitřní závit



Č. vjr.	Označení	DN	Kvs	Připojení	A	B	C	D	E	Hmotnost [kg]	Poznámka
11600100	VRG131	15	0.4	Rp 1/2"	36	72	32	50	36	0.40	
11600200			0.63								
11600300			1								
11600400			1.6								
11600500			2.5								
11600600			4								
11600700		2.5	Rp 3/4"	36	72	32	50	36	0.43		
11600800		4									
11600900		6.3									
11601000		25	6.3	Rp 1"	41	82	34	52	41	0.70	
11601100		10									
11601200		32	16	Rp 1 1/4"	47	94	37	55	47	0.95	
11603400		40	25	Rp 1 1/2"	53	106	44	60	53	1.68	
11603600		50	40	Rp 2"	60	120	46	64	60	2.30	

Obrázek 49 - Technické údaje trojcestného směšovacího ventilu ESBE [41]

Technický list přepínacího ventilu ESBE VRG 231



Registrované provedení

PŘEPÍNAČÍ VENTIL

Řada VRG230

- **Výborná regulace pro to nejlepší přepínání**
- **Kompaktní, flexibilní a snadno se instaluje**
- **Dlouhodobý provoz a vysoká odolnost**
- **Ideální volba mezi ventily a pohony ESBE**

Řada VRG230 obsahuje trojcestné ventily vhodné k přepínání mezi porty. Ventily jsou vyrobeny z vysoce odolné mosazi, proto je lze používat v rozvodech vytápění a chlazení. Řada VRG je k dispozici v provedení DN15-50 a dodává se s různými typy připojení, aby vyhovovala většině rozměrů potrubí. Ventil lze dokonale kombinovat s pohony a regulátory ESBE.

TECHNICKÉ ÚDAJE

Tlaková třída: _____ PN 10
 Teplota média: _____ max. (trvalá) +110 °C
 _____ max. (dočasná) +130 °C
 _____ min. -10 °C
 Moment (při jmenovitém tlaku): DN15-32: _____ < 3 Nm
 DN40-50: _____ < 5 Nm
 Netěsnost v % *: _____ < 0,5 %
 Pracovní tlak: _____ 1 MPa [10 bar]
 Max. rozdíl tlakové ztráty: _____ Rozdělování, 200 kPa [2 bar]
 _____ Směšování, 100 kPa [1 bar]
 Uzavírací tlak: _____ 200 kPa [2 bar]
 Regulační rozsah K_v/K_v^{min} , A-AB: _____ 100
 Připojení: _____ Vnitřní závit, EN 10226-1
 _____ Vnější závit, ISO 228/1
 _____ Svěrné kroužky, EN 1254-2
 Média: _____ Topná voda (podle VDI2035)
 _____ Směs vody/glykolu, max. 50% **
 _____ Směs vody/ethanolu, max. 28%

Materiál

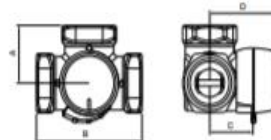
Tělo ventilu: _____ Mosaz odolná proti ztrátě zinku DZR
 Soupátko: _____ Mosaz odolná oděru
 Ořík a pouzdro: _____ Kompozit PPS
 O-kroužky: _____ EPDM

PED 2014/68/EU, článek 4.3

* Prázkový tlak 100 kPa (1 bar)
 ** Další informace viz str. 112



VRG231 vnitřní závit



Č. výt.	Označení	DN	K _{vs}	Připojení	A	B	C	D	Hmotnost [kg]	Poznámka
11620100	VRG231	20	6.3	Rp 3/4"	36	72	32	50	0.43	-
11620200		25	10	Rp 1"	41	82	34	52	0.70	
11620300		32	16	Rp 1 1/4"	47	94	37	55	0.95	
11621400		40	30	Rp 1 1/2"	53	106	44	60	1.72	
11621600		50	40	Rp 2"	60	120	46	64	2.39	

Obrázek 50 - Technické údaje přepínacího ventilu ESBE [41]

Technický list rozdělovače a sběrače pro podlahové vytápění

Tyčové rozdělovače HERZ můžeme použít za následujících podmínek

Max. prevádzková teplota 120 °C

Min. prevádzková teploty 0 °C

Max. prevádzkový tlak 10 bar

Dp pre bezhlučnú prevádzku 0,2 bar

Tyčový rozdělovač **8531**: môžeme prevádzkovať až do Dp 0,4 bar v oboch smeroch prúdenia vody

Tyčový rozdělovač **8532**: regulačný prietokomer musí byť osadený vždy na privode

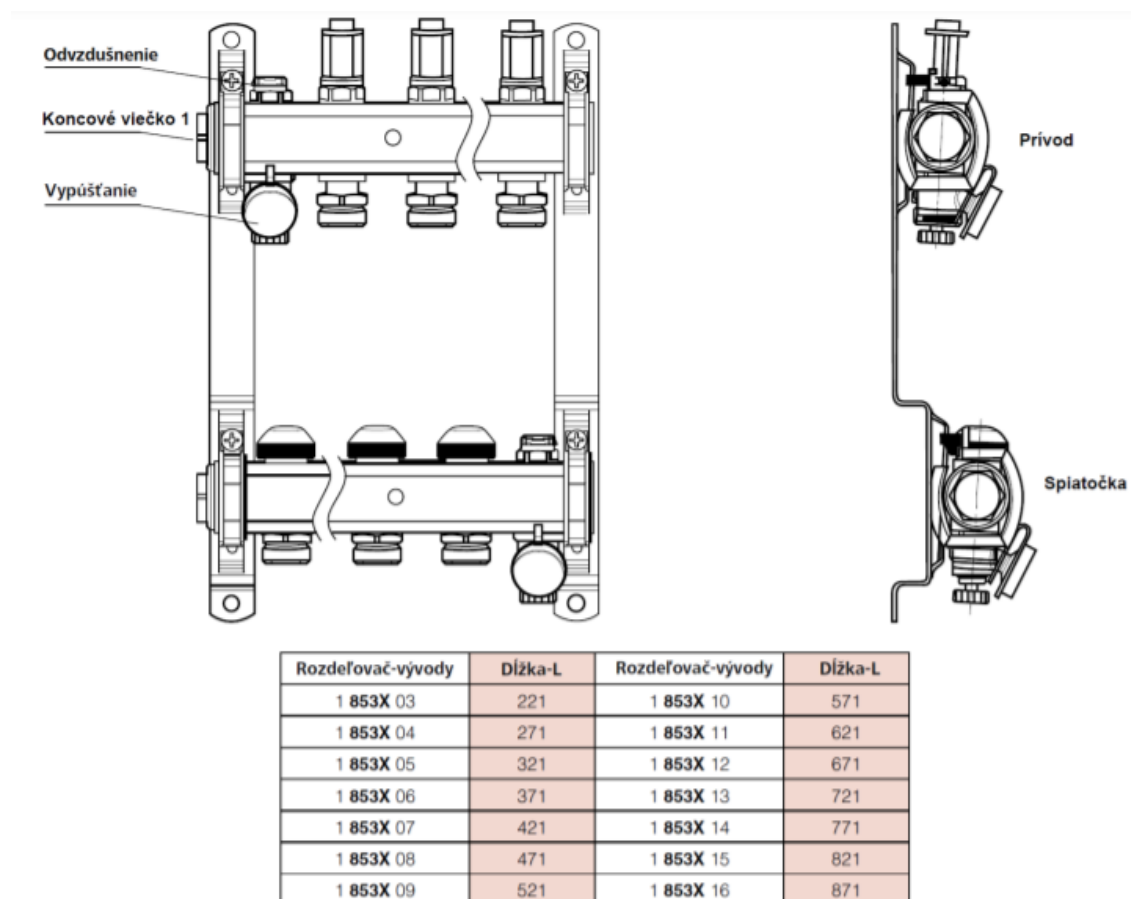
Skutočné prípustné prevádzkové hodnoty (max. teploty a tlak) závisia od použitého typu rúrok, resp. typu prechodiek.

Pre prechodky na plastové rúry platia nasledovné hodnoty, pokiaľ výrobca rúrok neudáva inak:

Max. prevádzková teplota 80 °C

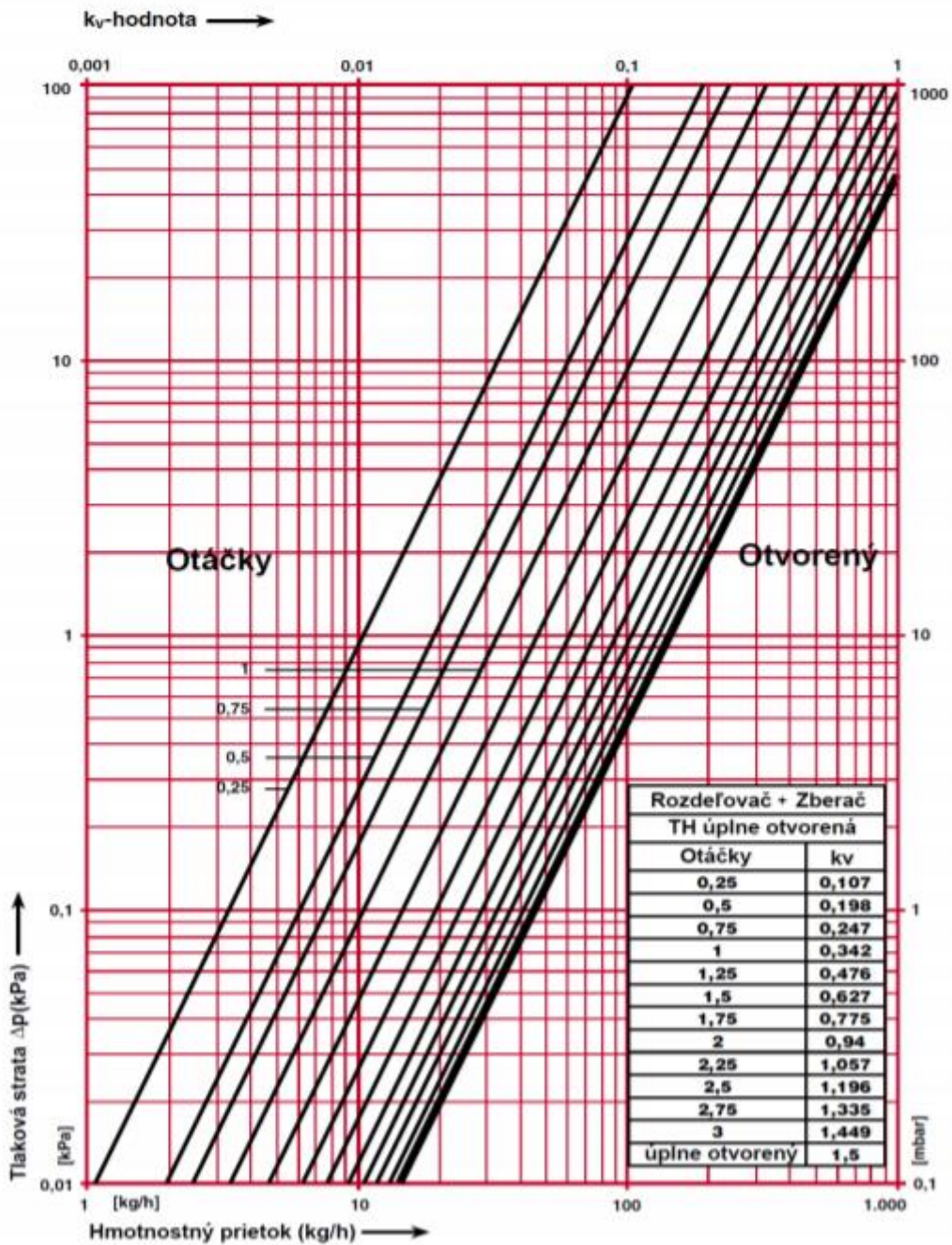
Max. prevádzkový tlak 4 bar

Vyšší prevádzkový tlak je možný len na základe písomného súhlasu spoločnosti HERZ Armaturen. Pri použití prechodiek HERZ pre medené a oceľové rúry je treba dodržať povolené hodnoty teploty a tlaku uvedené v EN 1254-2:1998 tab 5.



Obrázek 51 - Technické údaje podlahového rozdělovače a sběrače Herz [42]

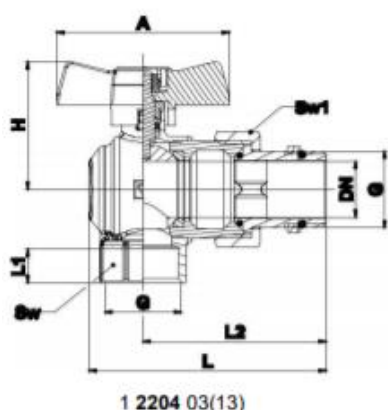
HERZ - Nomogram	Rozdělovač pre podlahové vykurovanie
Obj. č. 1 8531 03 - 16	3 - 16 vývodový



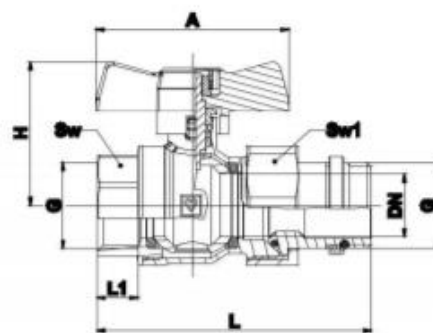
Obrázek 52 - Technické údaje podlahového rozdělovače a sběrače Herz – charakteristika [42]

Technický list kulového kohoutu „MODUL“ pro rozdělovače připojení, šroubení

HERZ – kulové kohouty pro systémy podlahového vytápění



1 2204 03(13)



1 2205 13(23)

Technický list pro:

1 2224 X3

1 2205 X3

vydání: 0119

Typy:

1 2224 X3

1 2205 X3

Rozměry

Obj. číslo	DN	Barva motýla	PN [bar]	G ISO228	L [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	A [mm]	H [mm]	Sw [mm]	Sw1 [mm]	Váha [kg]
1 2224 03	25	červená	25	G1"	103	14,5	79,5	75	56	38	46	0,77
1 2224 13	25	modrá	25	G1"	103	14,5	79,5	75	56	38	46	0,77
1 2205 13	25	červená	25	G1"	106	16	/	75	56	39	46	0,68
1 2205 23	25	modrá	25	G1"	106	16	/	75	56	39	46	0,68

Kulové kohouty HERZ pro systémy podlahového vytápění se používají jako uzavírací prvky. Nejčastěji se používají v systémech podlahového vytápění. Dle dispozice rozdělovače se použije ventil přímý (1 2205 X3) nebo rohový (1 2224 X3).

Kulové kohouty HERZ pro systémy podlahového vytápění mají integrované těsnění na závitě (O-kroužek), který umožňuje jednoduché instalace přímo na podlahové rozdělovače (bez použití dodatečného těsnícího materiálu - teflonová páska...).

Kulové ventily jsou vyráběny s červenou a modrou rukojetí. Použití ventilu s červenou rukojetí na přívodu a kulového ventilu s modrou rukojetí na zpátečce slouží k snadnějšímu rozlišení směru proudění v systému.

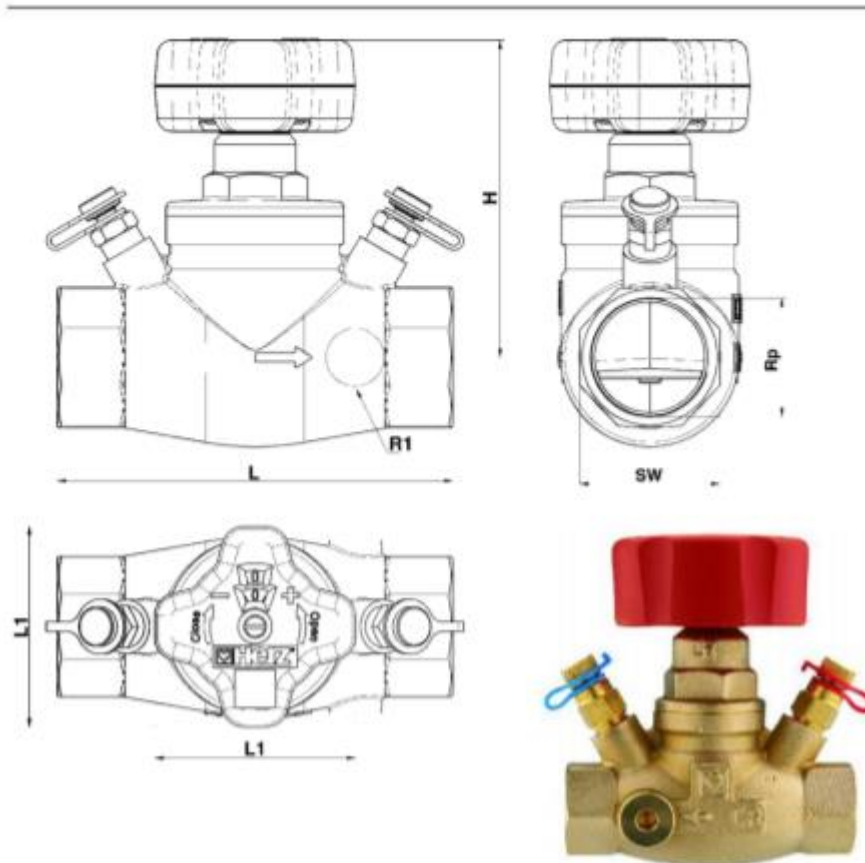
Použití

Max. pracovní tlak: PN 25 bar
 Min. teplota: -30°C (voda 0,5°C)
 Max. teplota: +150°C (voda do 110°C – bez páry)

Kvalita topné vody podle normy ÖNORM H5195 nebo VDI-Standard 2035. Je povoleno použití ethylenu nebo propylenglykolu ve směšovací poměru 25-50%. Při použití produktů s ethylenglykolem pro ochranu před mrazem a korozi se řiďte též dokumentací výrobce. Berte na zřetel, že těsnění EPDM mohou být poškozena mazivy minerálních olejů, což může vést k poškození těsnění z EPDM ve ventilech. Kulový kohout (ventil) HERZ není vhodný pro použití agresivního média (jako jsou kyseliny, zásadité materiály, hořlavé a výbušné plyny ...), protože může poškodit těsnící složky.

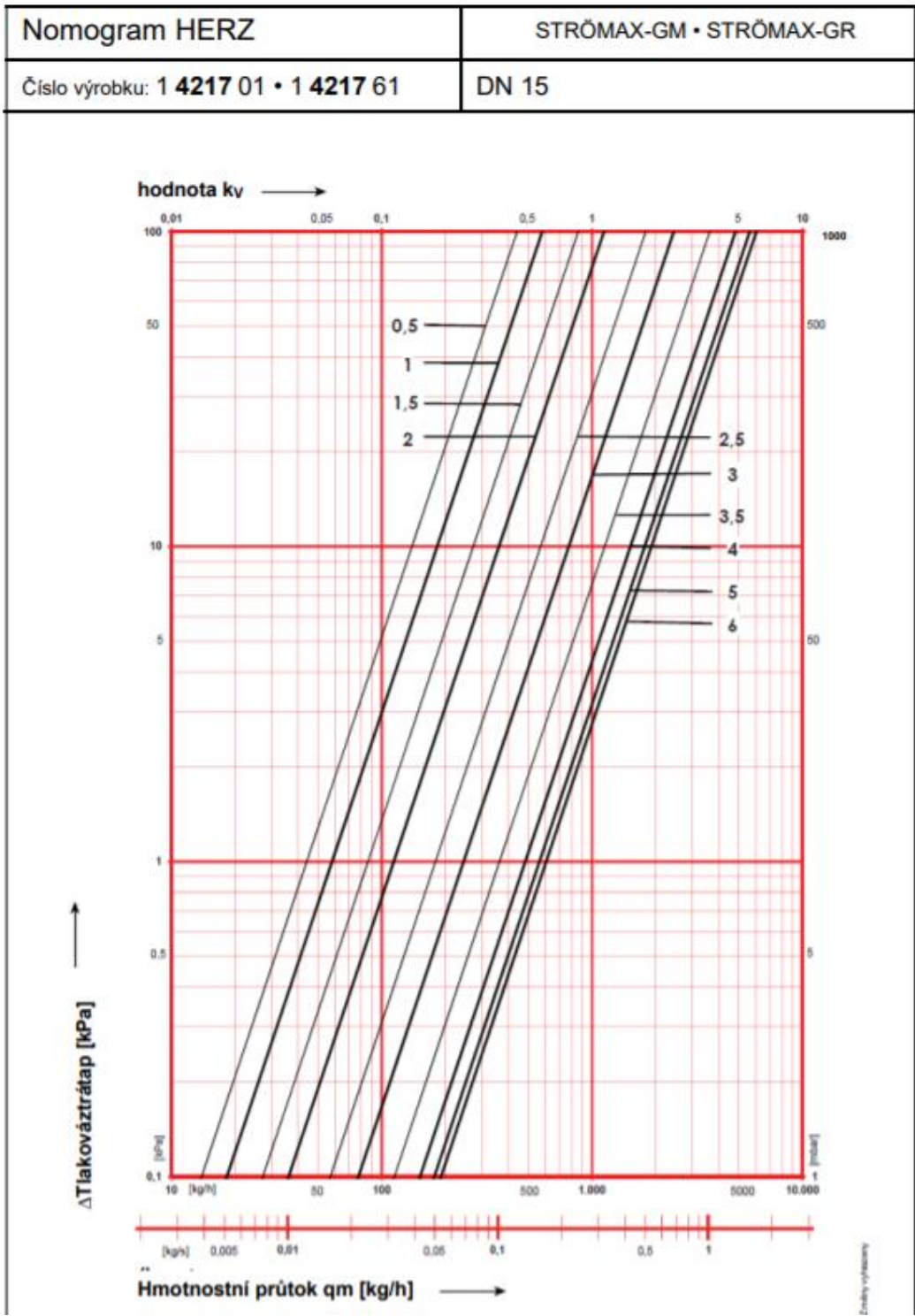
Obrázek 53 - Technické údaje kulového kohoutu Herz [43]

Technický list regulačního ventilu přímého STRÖMAX-GM s lineární charakteristikou



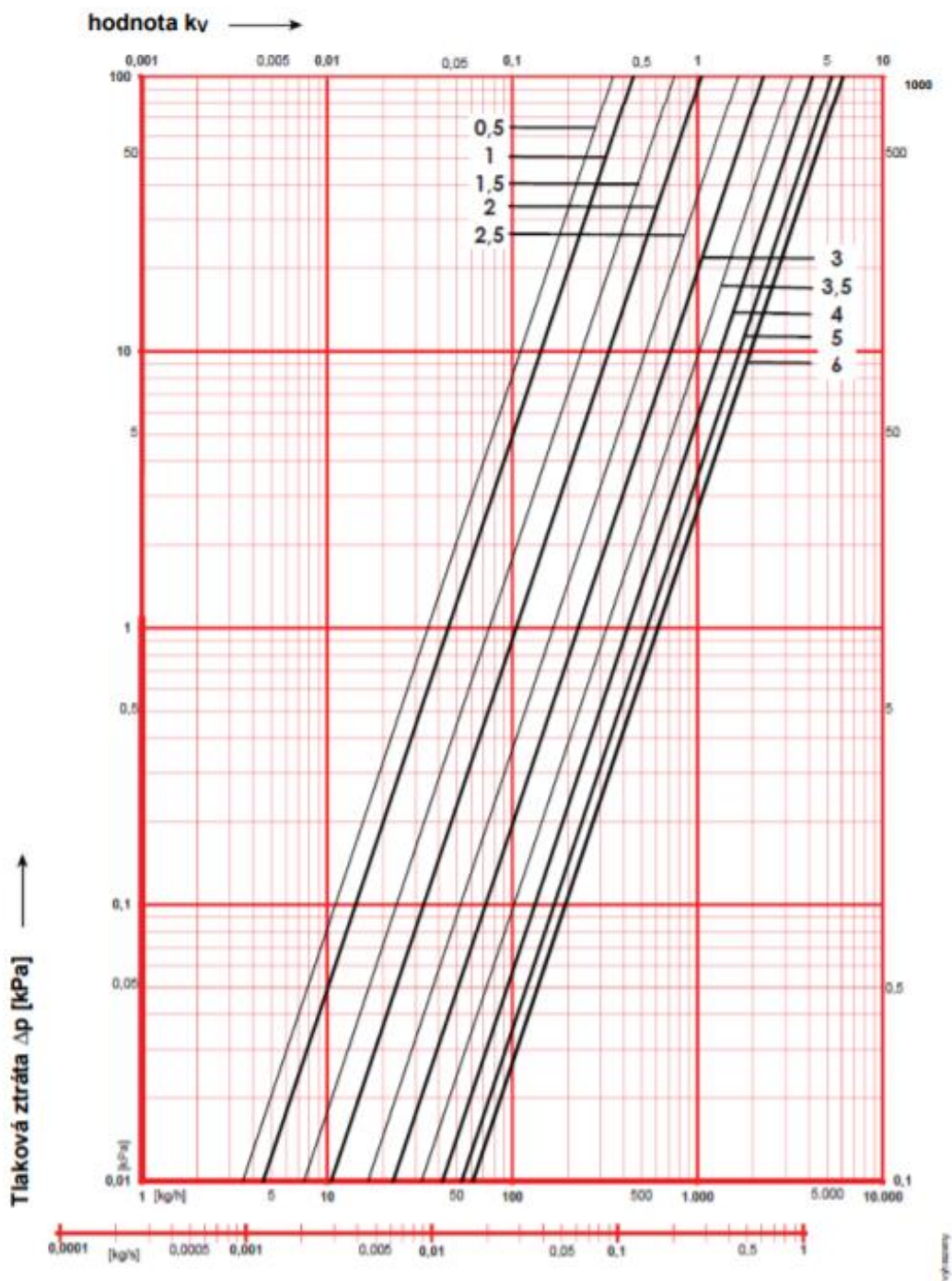
Objednací číslo		DN	Rp	L	L1	H	SW		kvs
4217 GM	4217 GR						Hexagon	Octagon	
1 4217 30		15 LF	1/2	100	71	97	27	-	0,93
1 4217 31		15 MF	1/2	100	71	97	27	-	3,49
1 4217 01	1 4217 61	15	1/2	100	71	97	27	-	6,05
1 4217 32	1 4217 62	20	3/4	100	71	97	32	-	6,11
1 4217 33	1 4217 63	25	1	120	71	107	41	-	9,22
1 4217 34	1 4217 64	32	1 1/4	140	71	112	-	50	18,83
1 4217 35	1 4217 65	40	1 1/2	150	71	112	-	55	23,29
1 4217 36	1 4217 66	50	2	165	110	136	-	70	35,26
1 4217 07	1 4217 67	65	2 1/2	190	110	141	-	85	52,11
1 4217 08	1 4217 68	80	3	210	110	142	-	100	76,10

Obrázek 54 - Technické údaje regulačního ventilu STRÖMAX-GM [44]



Obrázek 55 - Technické údaje regulačního ventilu STRÖMAX-GM – charakteristika DN15 [44]

Nomogram HERZ	STÖMAX-GM • STÖMAX-GR
Číslo výrobku: 1 4217 32 • 1 4217 62	DN 20



Obrázek 56 - Technické údaje regulačního ventilu STRÖMAX-GM – charakteristika DN20 [44]

HERZ STRÖMAX 4217 GM/GR

Hodnota	DN 15LF	DN 15MF	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80
0,5	0,05	0,33	0,44	0,35	0,67	0,79	1,04	0,88	5,58	10,89
0,6	0,06	0,34	0,47	0,37	0,71	0,86	1,15	1,00	6,31	12,34
0,7	0,06	0,36	0,50	0,39	0,76	0,93	1,26	1,12	7,04	13,79
0,8	0,07	0,37	0,52	0,41	0,81	1,00	1,38	1,24	7,76	15,25
0,9	0,07	0,39	0,55	0,43	0,85	1,08	1,49	1,36	8,49	16,70
1,0	0,08	0,40	0,58	0,45	0,90	1,15	1,60	1,48	9,22	18,15
1,1	0,09	0,44	0,64	0,51	0,98	1,28	1,76	1,77	9,89	18,96
1,2	0,10	0,47	0,69	0,57	1,06	1,41	1,91	2,06	10,57	19,78
1,3	0,11	0,51	0,75	0,63	1,14	1,55	2,06	2,35	11,24	20,59
1,4	0,12	0,54	0,80	0,69	1,22	1,68	2,21	2,65	11,91	21,40
1,5	0,13	0,58	0,86	0,75	1,30	1,82	2,36	2,94	12,58	22,21
1,6	0,14	0,61	0,92	0,81	1,38	1,95	2,51	3,23	13,25	23,02
1,7	0,15	0,65	0,97	0,87	1,46	2,08	2,66	3,52	13,92	23,84
1,8	0,16	0,69	1,03	0,93	1,54	2,22	2,81	3,81	14,60	24,65
1,9	0,17	0,72	1,09	0,99	1,62	2,35	2,96	4,10	15,27	25,46
2,0	0,18	0,76	1,14	1,05	1,70	2,48	3,11	4,39	15,94	26,27
2,1	0,19	0,83	1,28	1,17	1,83	2,70	3,35	4,93	16,48	26,90
2,2	0,20	0,90	1,41	1,30	1,96	2,91	3,58	5,47	17,02	27,53
2,3	0,21	0,97	1,54	1,42	2,08	3,12	3,81	6,02	17,56	28,16
2,4	0,23	1,05	1,67	1,54	2,21	3,33	4,05	6,56	18,10	28,79
2,5	0,24	1,12	1,80	1,66	2,34	3,55	4,28	7,10	18,64	29,42
2,6	0,25	1,19	1,93	1,78	2,47	3,76	4,51	7,64	19,18	30,05
2,7	0,26	1,26	2,06	1,90	2,60	3,97	4,75	8,18	19,72	30,68
2,8	0,27	1,34	2,19	2,03	2,73	4,19	4,98	8,72	20,26	31,30
2,9	0,28	1,41	2,32	2,15	2,86	4,40	5,21	9,27	20,81	31,93
3,0	0,30	1,48	2,45	2,27	2,99	4,61	5,45	9,81	21,35	32,56
3,1	0,31	1,58	2,69	2,46	3,13	4,87	5,76	10,57	22,14	33,55
3,2	0,32	1,67	2,92	2,65	3,28	5,13	6,08	11,33	22,92	34,53
3,3	0,33	1,77	3,16	2,85	3,42	5,39	6,40	12,09	23,71	35,52
3,4	0,35	1,86	3,40	3,04	3,57	5,66	6,72	12,85	24,50	36,50
3,5	0,36	1,96	3,63	3,23	3,72	5,92	7,03	13,61	25,29	37,49
3,6	0,37	2,05	3,87	3,42	3,86	6,18	7,35	14,37	26,08	38,47
3,7	0,39	2,15	4,11	3,61	4,01	6,44	7,67	15,13	26,87	39,46
3,8	0,40	2,25	4,34	3,80	4,16	6,70	7,99	15,89	27,66	40,44
3,9	0,41	2,34	4,58	3,99	4,30	6,96	8,30	16,65	28,44	41,43
4,0	0,42	2,44	4,81	4,19	4,45	7,22	8,62	17,41	29,23	42,41
4,1	0,45	2,51	4,89	4,30	4,61	7,57	9,01	18,29	30,21	43,41
4,2	0,47	2,59	4,98	4,41	4,78	7,91	9,39	19,17	31,18	44,42
4,3	0,49	2,67	5,06	4,53	4,94	8,26	9,78	20,06	32,16	45,42
4,4	0,52	2,74	5,14	4,64	5,11	8,60	10,17	20,94	33,13	46,43
4,5	0,54	2,82	5,22	4,76	5,27	8,95	10,55	21,82	34,11	47,43
4,6	0,56	2,89	5,30	4,87	5,44	9,29	10,94	22,71	35,08	48,44
4,7	0,59	2,97	5,38	4,98	5,60	9,64	11,33	23,59	36,06	49,44
4,8	0,61	3,04	5,46	5,10	5,77	9,99	11,71	24,47	37,03	50,44
4,9	0,63	3,12	5,54	5,21	5,93	10,33	12,10	25,36	38,01	51,45
5,0	0,66	3,20	5,62	5,32	6,10	10,68	12,49	26,24	38,98	52,45

Obrázek 57 - Technické údaje regulačního ventilu STRÖMAX-GM KVS hodnoty [44]

Hodnota	DN 15LF	DN 15MF	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80
5,1	0,68	3,23	5,67	5,40	6,23	11,02	12,86	26,76	39,78	53,28
5,2	0,71	3,26	5,71	5,48	6,36	11,36	13,23	27,29	40,57	54,10
5,3	0,74	3,29	5,75	5,56	6,49	11,70	13,60	27,81	41,37	54,93
5,4	0,77	3,32	5,79	5,64	6,62	12,04	13,97	28,33	42,16	55,75
5,5	0,79	3,35	5,84	5,72	6,75	12,38	14,34	28,85	42,95	56,58
5,6	0,82	3,37	5,88	5,80	6,88	12,72	14,71	29,37	43,75	57,40
5,7	0,85	3,40	5,92	5,88	7,01	13,06	15,09	29,90	44,54	58,23
5,8	0,88	3,43	5,97	5,96	7,14	13,40	15,46	30,42	45,34	59,05
5,9	0,91	3,46	6,01	6,03	7,28	13,74	15,83	30,94	46,13	59,88
6,0	0,93	3,49	6,05	6,11	7,41	14,08	16,20	31,46	46,93	60,70
6,1					7,51	14,33	16,46	31,84	47,44	61,54
6,2					7,62	14,58	16,72	32,22	47,96	62,37
6,3					7,72	14,83	16,98	32,60	48,48	63,21
6,4					7,82	15,09	17,24	32,98	48,99	64,05
6,5					7,93	15,34	17,49	33,36	49,51	64,88
6,6					8,03	15,59	17,75	33,74	50,03	65,72
6,7					8,14	15,85	18,01	34,12	50,55	66,55
6,8					8,24	16,10	18,27	34,50	51,06	67,39
6,9					8,35	16,35	18,53	34,88	51,58	68,22
7,0					8,45	16,61	18,79	35,26	52,10	69,06
7,1					8,53	16,71	19,06		52,10	69,76
7,2					8,61	16,81	19,33		52,10	70,47
7,3					8,68	16,91	19,59		52,10	71,17
7,4					8,76	17,01	19,86		52,10	71,87
7,5					8,84	17,11	20,13		52,10	72,58
7,6					8,91	17,21	20,40		52,10	73,28
7,7					8,99	17,30	20,67		52,10	73,99
7,8					9,07	17,40	20,94		52,11	74,69
7,9					9,14	17,50	21,20		52,11	75,40
8,0					9,22	17,60	21,47		52,11	76,10
8,1						17,73	21,65			
8,2						17,85	21,84			
8,3						17,97	22,02			
8,4						18,09	22,20			
8,5						18,21	22,38			
8,6						18,34	22,56			
8,7						18,46	22,74			
8,8						18,58	22,92			
8,9						18,70	23,10			
9,0						18,83	23,29			

Obrázek 58 - Technické údaje regulačního ventilu STRÖMAX-GM – KVS hodnoty [44]

Technický list regulátoru průtoku KOBOLD REG-0104

Popis

Regulátory průtoku model REG společnosti KOBOLD slouží k udržení konstantního průtoku v potrubí. Regulátory REG jsou vhodné pro jednoduché aplikace s pevně nastaveným průtokem vody nebo kapaliny s podobnými vlastnostmi jako voda. Regulátory průtoku zajišťují rovnováhu zejména v systémech s mnoha uživateli a následnému kolísání tlaku v důsledku změny podmínek proudění. Jinými slovy: nastavená hodnota průtoku není překročena.

Konstantního průtoku je dosaženo dvěma hvězdicovými membránami z nerezavějící oceli, které jsou vůči sobě pootočené a snýtované dohromady. Mezera mezi membránami a dosedací plochou se neustále mění v závislosti na změně diferenčního tlaku. Při poklesu diferenčního tlaku se mezera zvětšuje a při stoupajícím díf. tlaku se naopak zmenšuje. Tím se udrží konstantní průtok.

Použití

- Nevyžaduje elektrické napájení
- Snadná montáž
- Kompaktní design
- Spolehlivý - žádné díly podléhající opotřebení
- Energeticky úsporný
- Snadná instalace

Technická data

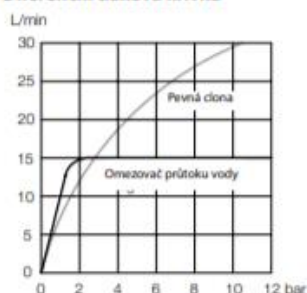
Připojení: vnitřní závit G 1/2, G 3/4
 vnitřní závit / vnější závit G 1/2 ... G 3/4
 vnější závit G 3/4
 vnitřní závit 3/4" NPT
 vnitřní závit / vnější závit 3/4" NPT
 vícenásobný element
 G 1 1/2, G 2, G 2 1/4, G 2 1/2
 vnější závit
 příruby
 DN 20 / 25 / 32 / 40 / 50 / 65 / 80 / 100
 ASME 3/4"/1"/1 1/4"/1 1/2"/2"/2 1/2"/3"/4"

Provozní teplota: -10 ... 300 °C
 Provozní tlak: max. 200 bar
 Přípustný provozní tlak pro
 REG-82x...: viz podrobnosti na str. 6 a 7
 Diferenční tlak: min. 2,0 bar
 max. 10 bar

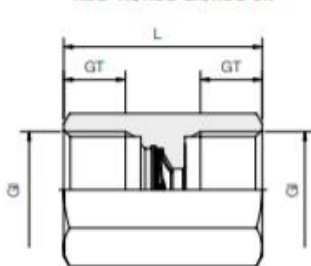
Materiál (detaily naleznete na obrázku)

Mosazné provedení: mosaz a nerez
 Nerezové provedení: vše z nerezové oceli

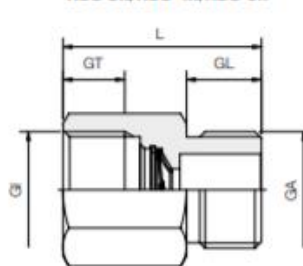
Diferenční tlaková křivka



REG-1x/REG-2x/REG-5x



REG-3x/REG-4x/REG-6x

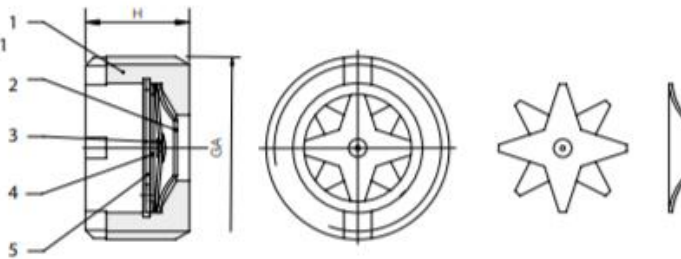


REG-0x ... 6x

konstrukce a materiály

1 Tělo armatury	mosaz Ms 58 nebo nerez 1.4301
2 Talíř	nerez 1.4301
3 Hvězdicová membrána	nerez 1.4310
4 Kroužek	nerez 1.4301
5 Pojistný kroužek	nerez 1.4122

REG-0x

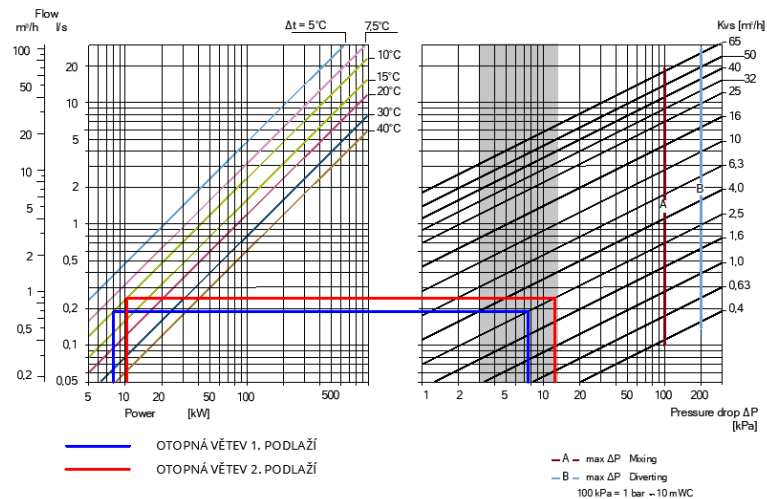


Obrázek 59 - Technické údaje regulátoru průtoku KOBOLD [45]

8.8 NÁVRH TROJCESTNÝCH VENTILŮ VENTILŮ

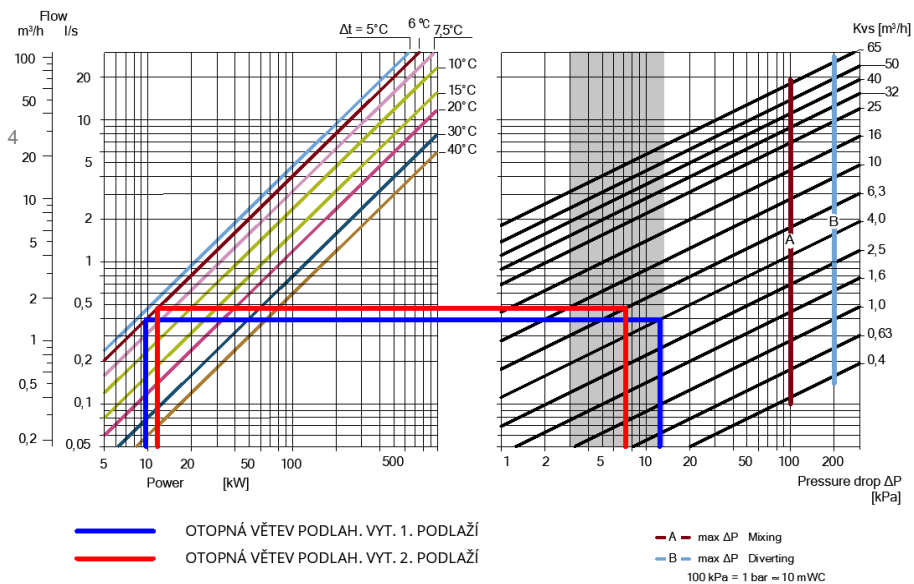
8.8.1 TROJCESTNÝ VENTIL PRO OTOPNOU VĚTEV 1. A 2. PODLAŽÍ – VARIANTA 1

TROJCESTNÝ VENTIL PRO OTOPNOU VĚTEV 1. A 2. PODLAŽÍ - VARIANTA 1



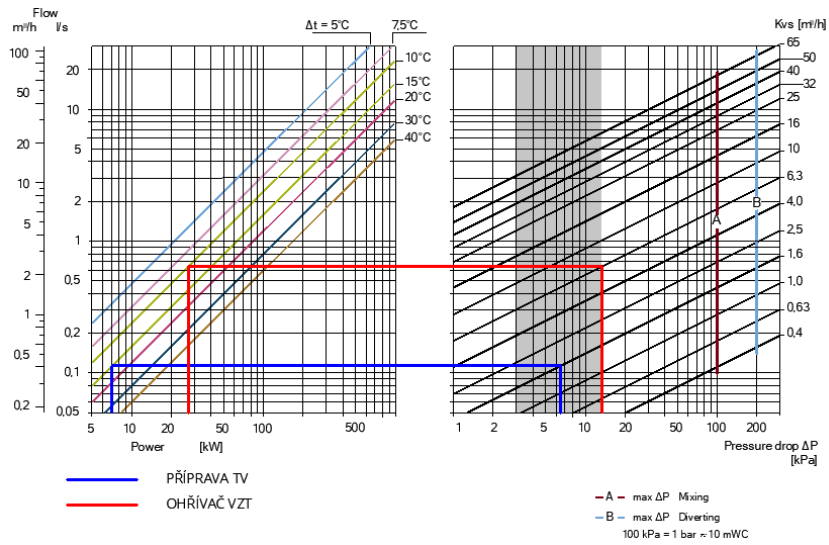
8.8.2 TROJCESTNÝ VENTIL PRO VĚTEV PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ V 1. A 2. PODLAŽÍ – VARIANTA 2

TROJCESTNÝ VENTIL PODLAH. VYT. PRO 1. A 2. PODLAŽÍ - VARIANTA 2



8.8.3 TROJCESTNÝ VENTIL PRO PŘÍPRAVU TV A OHŘÍVAČ VZT

TROJCESTNÝ VENTIL PRO PŘÍPRAVU TV A PRO OHŘÍVAČ ZZT



9 NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL

9.1 VARIANTA 1

Tabulka 17 - Soupis oběhových čerpadel pro variantu 1

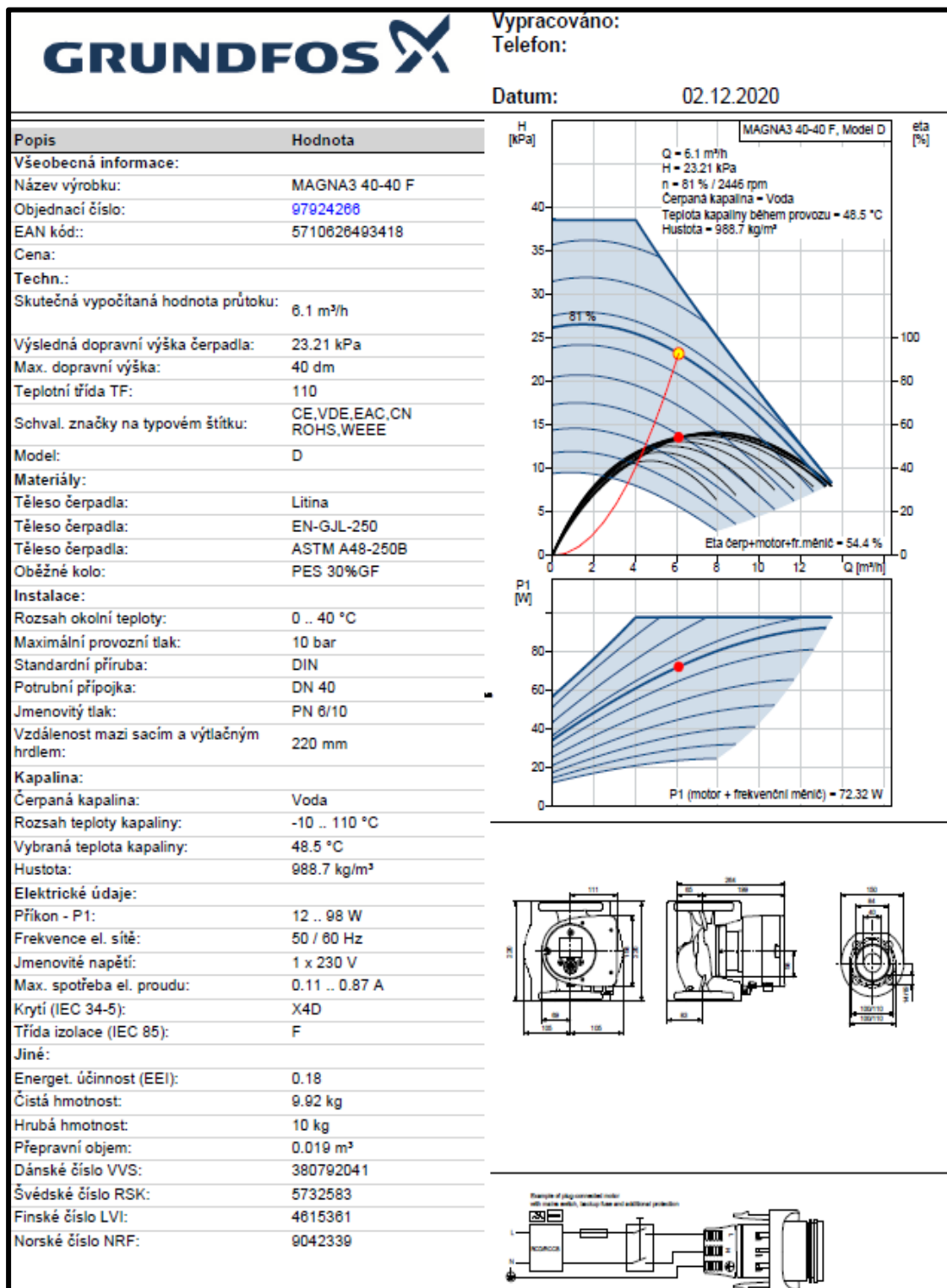
Č. čerpadla	Větev	Průtok	Celková tlaková ztráta	Návrh čerpadla Výrobce a typ
		M [m ³ /h]	p _{CELK} [kPa]	
Č1	TČ-AN	6,100	23,21	MAGNA3 40-40 F
Č2	OV 1	0,694	28,19	ALPHA 3 25-40 130
Č3	OV 2	0,918	28,91	ALPHA 2 25-50 130
Č4	VZT 1	2,388	26,35	MAGNA3 25-40
Č5	VZT 2	2,388	28,41	MAGNA 3 25-40
Č6	TV	0,412	28,93	UPS 25-40 180

9.2 VARIANTA 2

Tabulka 18 - Soupis oběhových čerpadel pro variantu 2

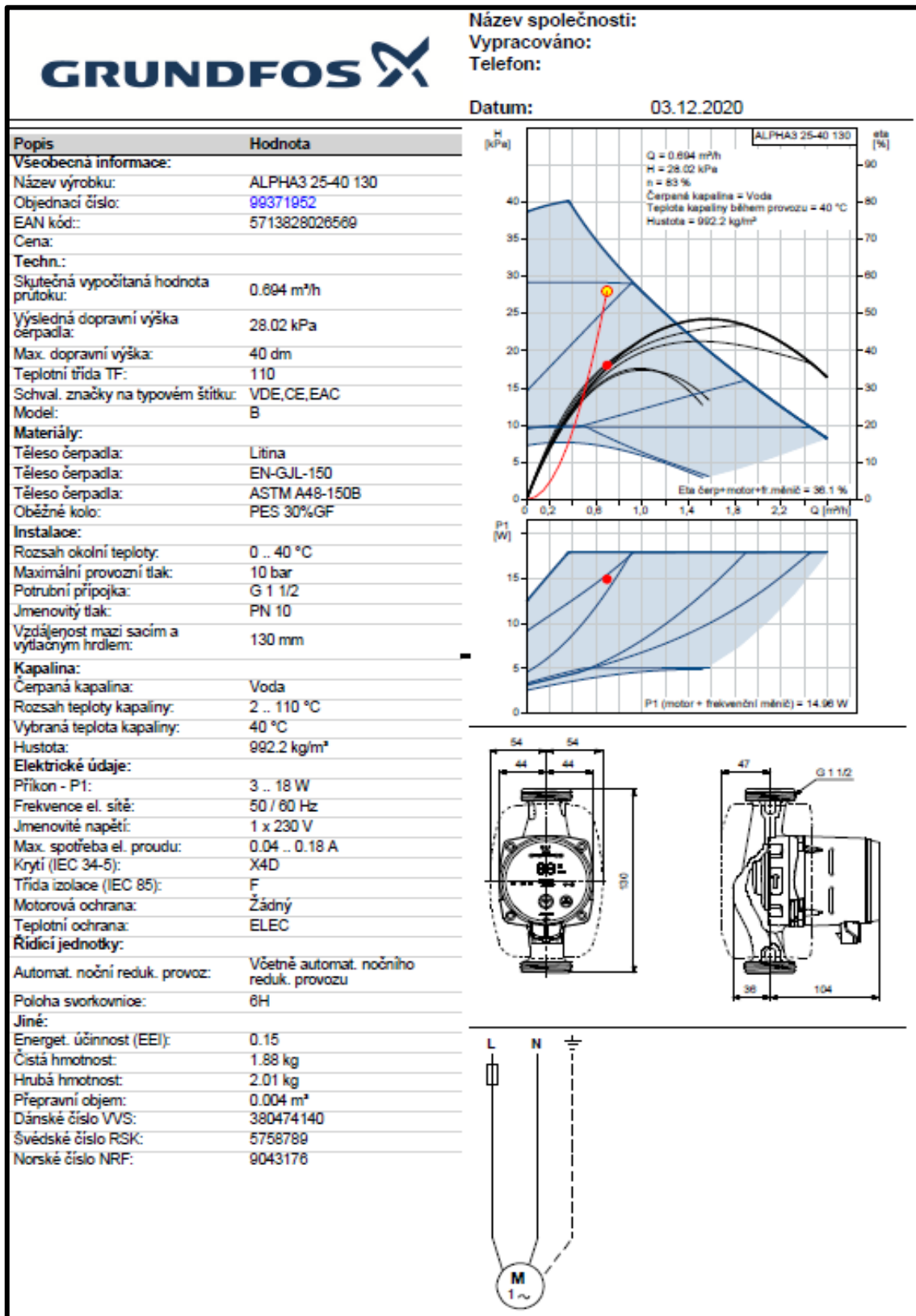
Č. čerpadla		Průtok	Celková tlaková ztráta	Návrh čerpadla Výrobce a typ
		M [m ³ /h]	p _{CELK} [kPa]	
Č1	TČ-AN 1	4,300	13,34	MAGNA 3 25-40
Č2	TČ-AN 2	4,300	13,87	MAGNA 3 25-40
Č3	OV 1	1,407	51,54	ALPHA3 25-80 130
Č4	OV 2	1,774	48,23	MAGNA 3 25-60
Č5	VZT 1	2,388	27,21	MAGNA 3 25-40
Č6	VZT 2	2,388	28,41	MAGNA3 25-40
Č7	TV	0,412	29,79	UPS 25-40 180

ČERPADLO Č1 – PRO POHON MEZI TEPELNÝM ČERPADLEM A AKUMULAČNÍ NÁDRŽÍ




Obrázek 60 - Charakteristika čerpadla Č1 - Varianta 1 [46]

ČERPADLO Č2 - OTOPNÁ VĚTEV 1



Obrázek 61 - Charakteristika čerpadla Č2 - Varianta 1 [46]

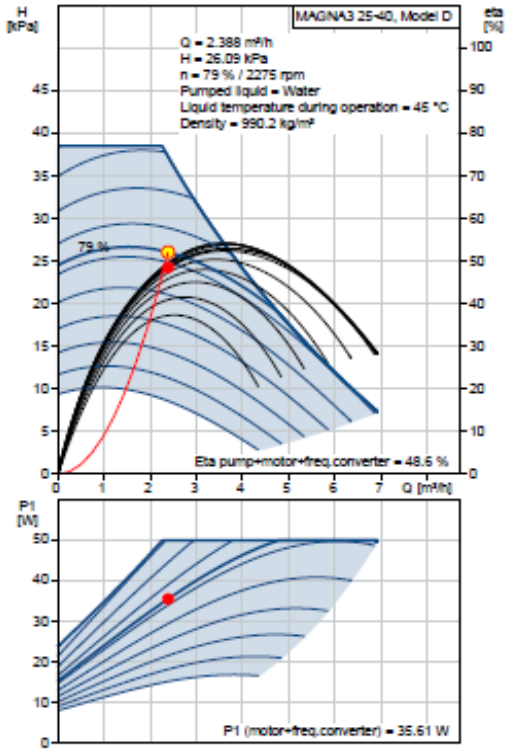
ČERPADLO Č4 – PRO OHŘÍVAČ VZT OD ROZDĚLOVAČE PO TROJCESTNÝ VENTIL



Company name:
Created by:
Phone:

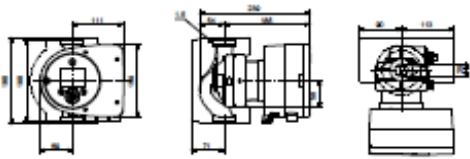
Date: 03/12/2020

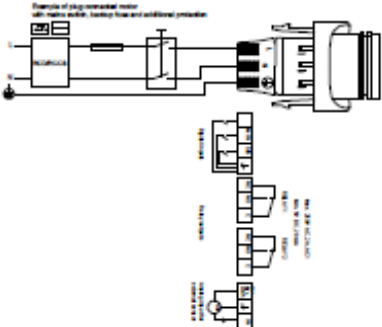
Description	Value
General information:	
Product name:	MAGNA3 25-40
Product No:	97924244
EAN number:	5710626493197
Price:	
Technical:	
Actual calculated flow:	2.388 m³/h
Resulting head of the pump:	26.09 kPa
Head max:	40 dm
TF class:	110
Approvals on nameplate:	CE, VDE, EAC, CN ROHS, WEEE
Model:	D
Materials:	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN-GJL-200
Pump housing:	ASTM A48-200B
Impeller:	PES 30%GF
Installation:	
Range of ambient temperature:	0 .. 40 °C
Maximum operating pressure:	10 bar
Pipe connection:	G 1 1/2"
Pressure rating:	PN 10
Port-to-port length:	180 mm
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-10 .. 110 °C
Selected liquid temperature:	45 °C
Density:	990.2 kg/m³
Electrical data:	
Power input - P1:	9 .. 50 W
Mains frequency:	50 / 60 Hz
Rated voltage:	1 x 230 V
Maximum current consumption:	0.09 .. 0.46 A
Enclosure class (IEC 34-5):	X4D
Insulation class (IEC 85):	F
Others:	
Energy (EEI):	0.18
Net weight:	4.81 kg
Gross weight:	5.27 kg
Shipping volume:	0.015 m³
Danish VVS No.:	380790040
Swedish RSK No.:	5732571
Finnish LVI No.:	4615540
Norwegian NRF no.:	9042325



MAGNA3 25-40, Model D
 Q = 2.388 m³/h
 H = 26.09 kPa
 n = 79 % / 2275 rpm
 Pumped liquid = Water
 Liquid temperature during operation = 45 °C
 Density = 990.2 kg/m³

Efficiency pump+motor+freq. converter = 48.5 %
 P1 (motor+freq. converter) = 35.61 W

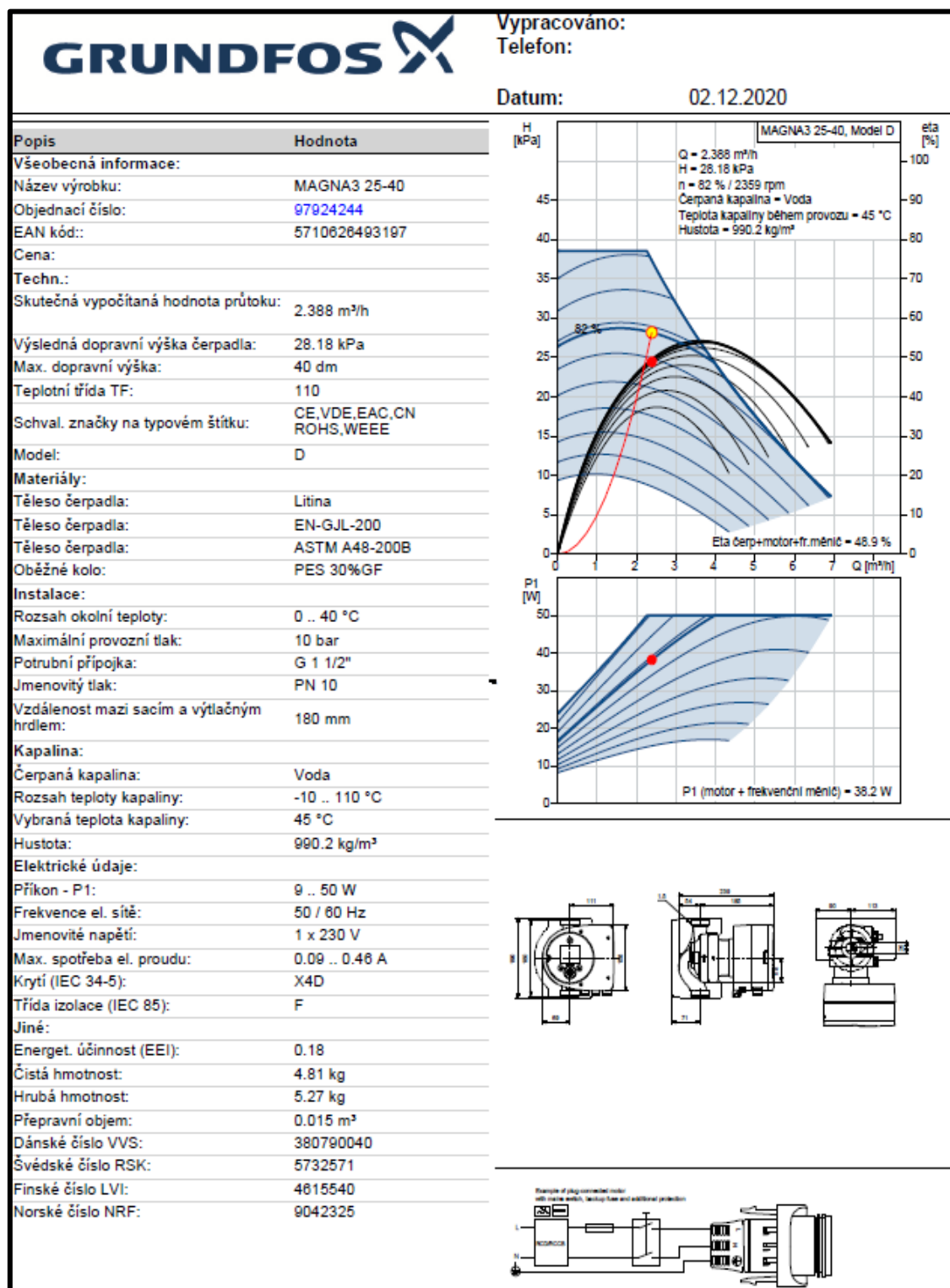




Example of pump installation with 100 mm water supply, taking flow and additional pressure

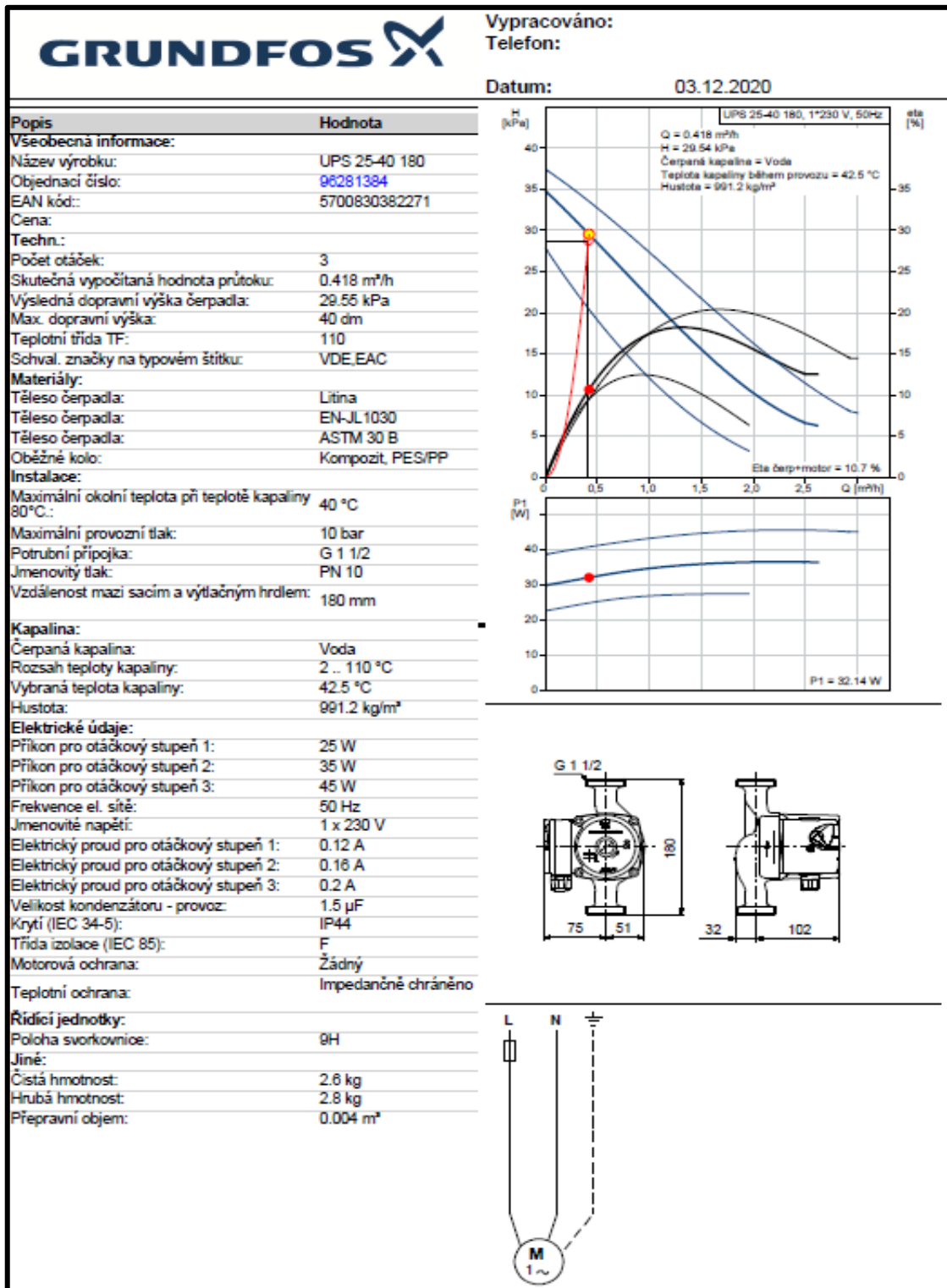
Obrázek 63 - Charakteristika čerpadla Č4 - Varianta 1 [46]

ČERPADLO Č5 – PRO OHŘÍVAČ VZT ZA TROJCESTNÝM VENTILEM



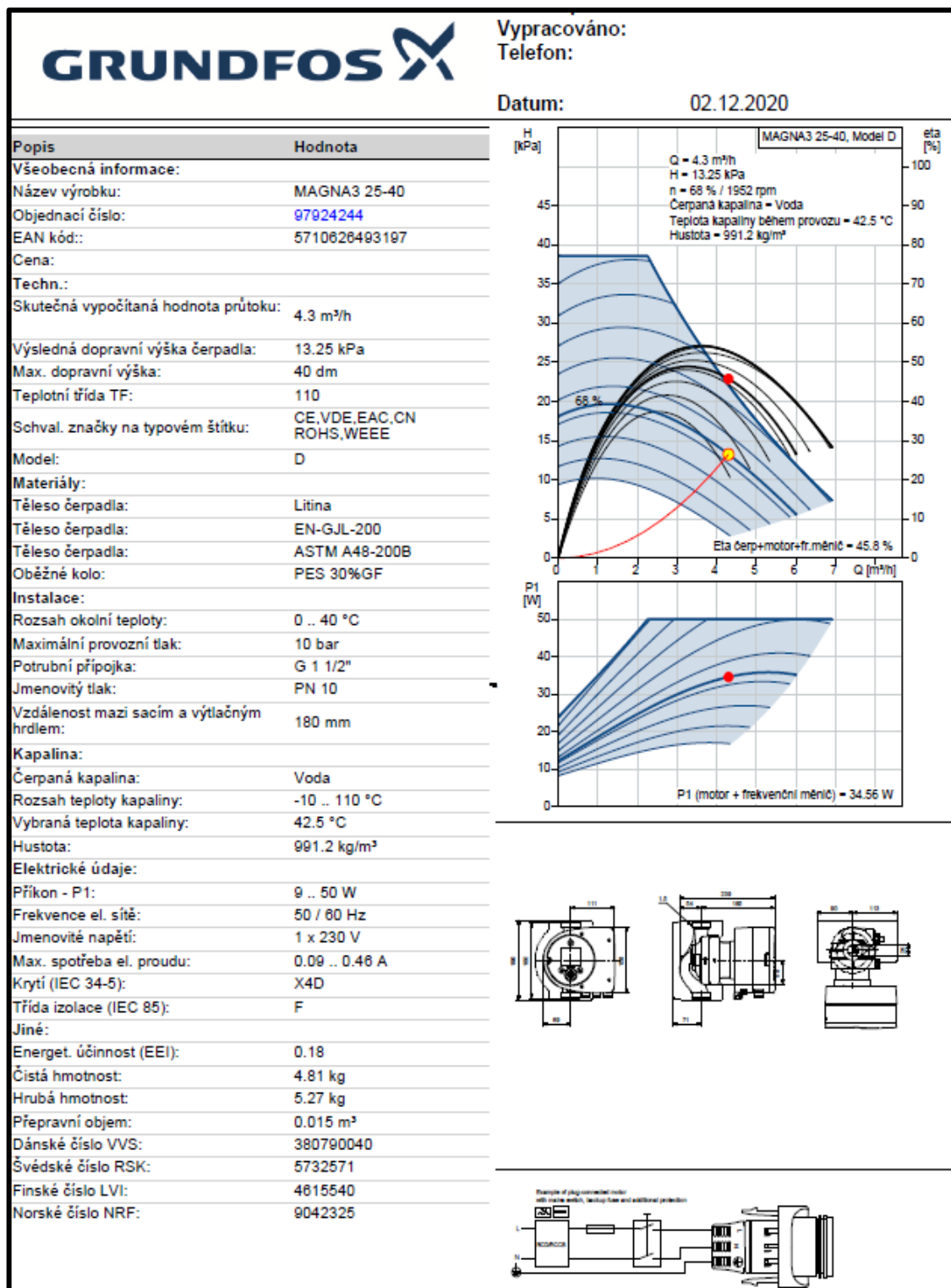
Obrázek 64 - Charakteristika čerpadla Č5 - Varianta 1 [46]

ČERPADLO Č6 – PRO OHŘEV TV



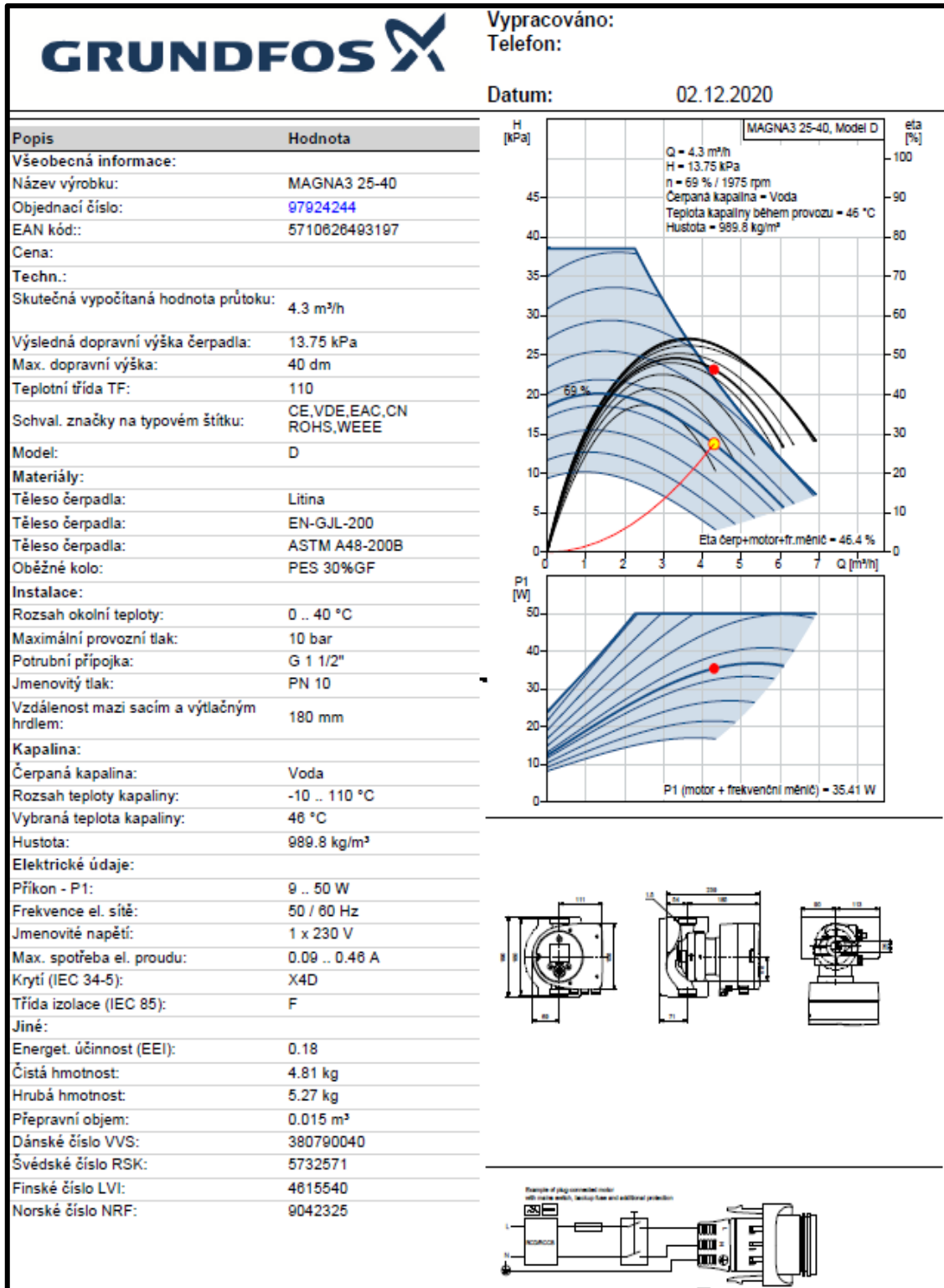
Obrázek 65 - Charakteristika čerpadla Č6 - Varianta 1 [46]

ČERPADLO Č1 – PRO POHON MEZI TEPELNÝM ČERPADLEM 1 A AKUMULAČNÍ NÁDRŽÍ




Obrázek 66 - Charakteristika čerpadla Č1 - Varianta 2 [46]

ČERPADLO Č2 – PRO POHON MEZI TEPELNÝM ČERPADLEM 2 A AKUMULAČNÍ NÁDRŽÍ



Obrázek 67 - Charakteristika čerpadla Č2 - Varianta 2 [46]

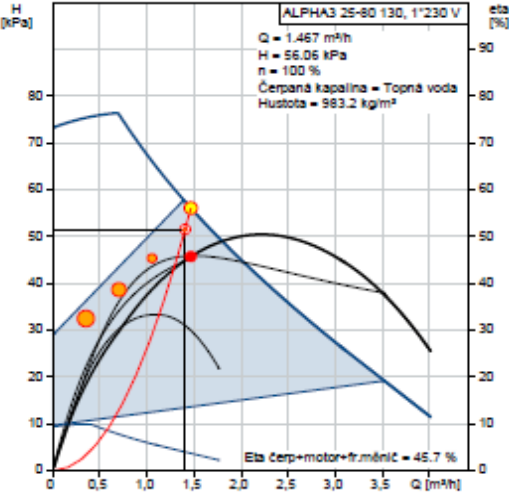
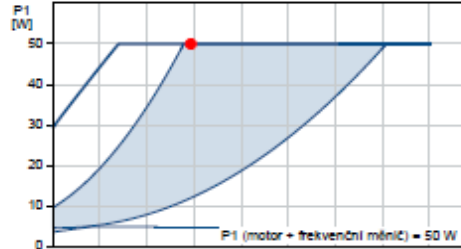
ČERPADLO Č3 – OTOPNÁ VĚTEV PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ 1

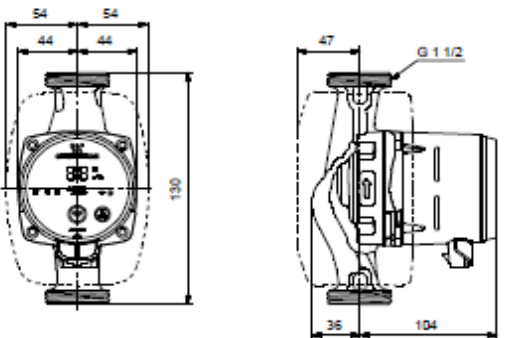



Název společnosti:
Vypracováno:
Telefon:

Datum: 03.12.2020

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	ALPHA3 25-80 130
Objednací číslo:	99371955
EAN kód::	5713828026590
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	1.467 m ³ /h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	56.06 kPa
Max. dopravní výška:	80 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,CE,EAC
Model:	B
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
Těleso čerpadla:	EN-GJL-150
Těleso čerpadla:	ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Maximální provozní tlak:	10 bar
Potrubií přípojka:	G 1 1/2
Jmenovitý tlak:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	130 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Topná voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 110 °C
Hustota:	983.2 kg/m ³
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	3 .. 50 W
Frekvence el. sítě:	50 / 60 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.04 .. 0.44 A
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Žádný
Teplotní ochrana:	ELEC
Řídicí jednotky:	
Automat. noční reduk. provoz:	Včetně automat. nočního reduk. provozu
Poloha svorkovnice:	6H
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.18
Čistá hmotnost:	1.89 kg
Hrubá hmotnost:	2.02 kg
Přepravní objem:	0.004 m ³
Dánské číslo VVS:	380474180
Švédské číslo RSK:	5758791

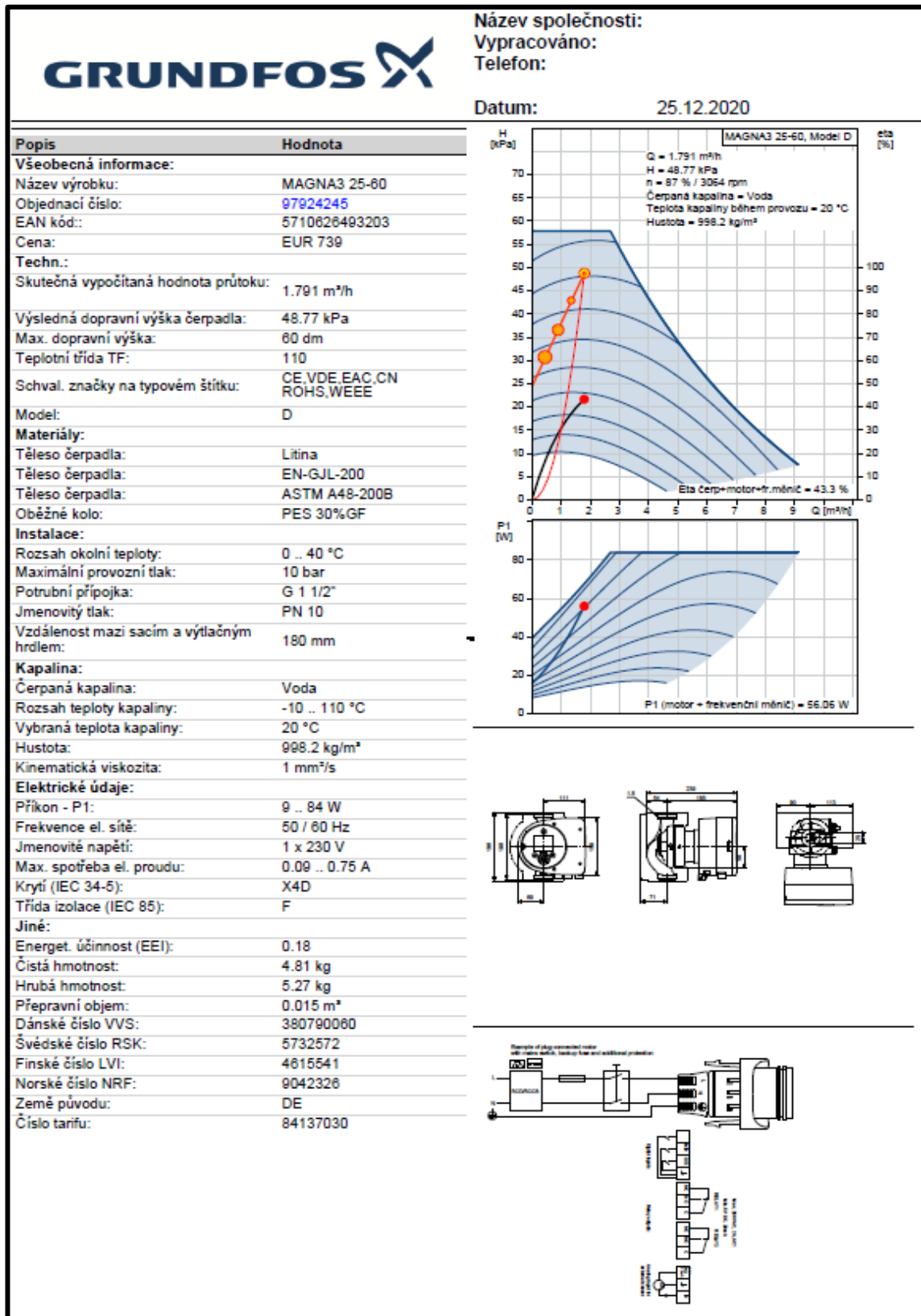







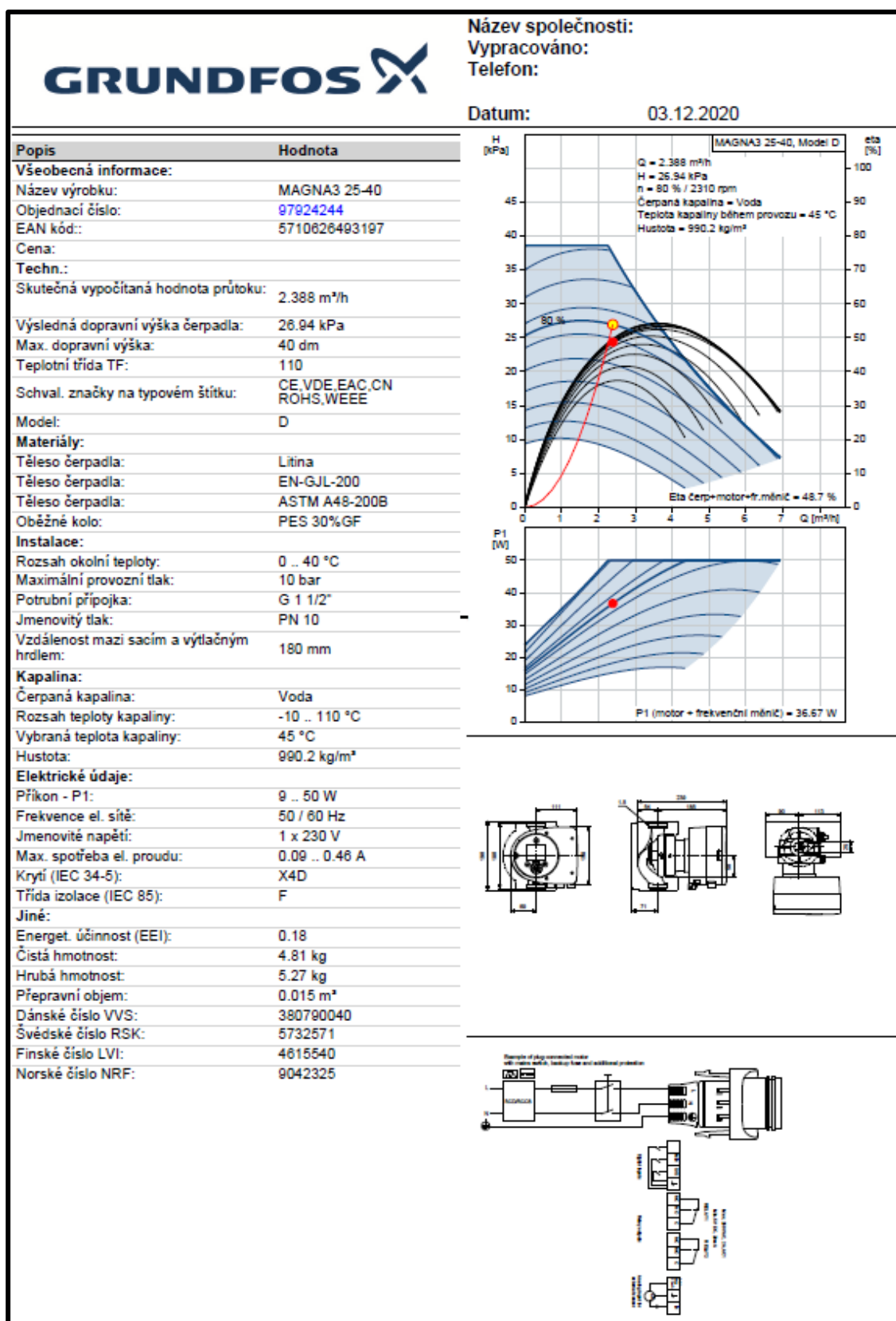
Obrázek 68 - Charakteristika čerpadla Č3 - Varianta 2 [46]

ČERPADLO Č4 - OTOPNÁ VĚTEV PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ 2




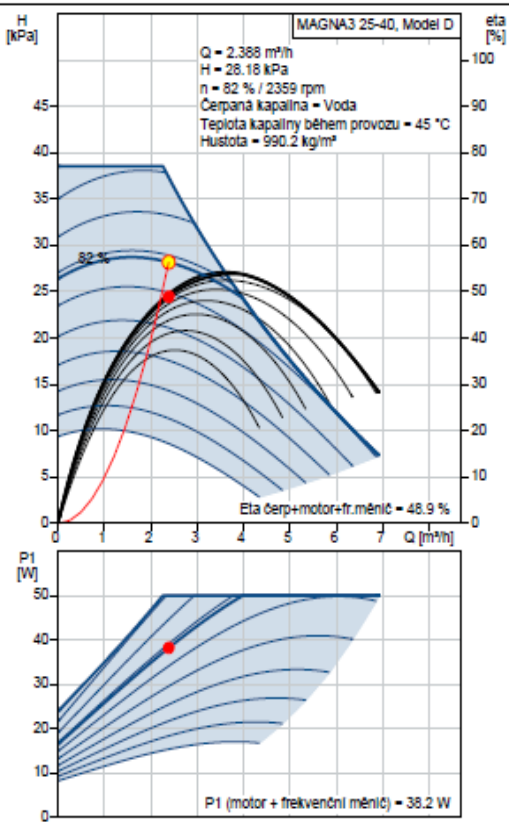
Obrázek 69 - Charakteristika čerpadla Č4 - Varianta 2 [46]

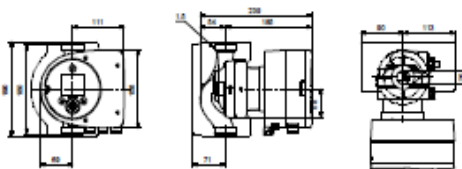
ČERPADLO Č5 – PRO OHŘÍVAČ VZT OD ROZDĚLOVAČE PO TROJCESTNÝ VENTIL

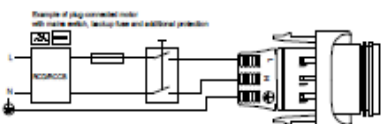


Obrázek 70 - Charakteristika čerpadla Č5 - Varianta 2 [46]

ČERPADLO Č6 – PRO OHŘÍVAČ VZT ZA TROJCESTNÝM VENTILEM

GRUNDFOS 		Vypracováno: Telefon:
		Datum: 02.12.2020
Popis	Hodnota	
Všeobecná informace:		
Název výrobku:	MAGNA3 25-40	
Objednáací číslo:	97924244	
EAN kód::	5710626493197	
Cena:		
Techn.:		
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	2.388 m³/h	
Výsledná dopravní výška čerpadla:	28.18 kPa	
Max. dopravní výška:	40 dm	
Teplotní třída TF:	110	
Schval. značky na typovém štítku:	CE, VDE, EAC, CN ROHS, WEEE	
Model:	D	
Materiály:		
Těleso čerpadla:	Litina	
Těleso čerpadla:	EN-GJL-200	
Těleso čerpadla:	ASTM A48-200B	
Oběžné kolo:	PES 30%GF	
Instalace:		
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C	
Maximální provozní tlak:	10 bar	
Potrubní přípojka:	G 1 1/2"	
Jmenovitý tlak:	PN 10	
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	180 mm	
Kapalina:		
Čerpaná kapalina:	Voda	
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C	
Vybraná teplota kapaliny:	45 °C	
Hustota:	990.2 kg/m³	
Elektrické údaje:		
Příkon - P1:	9 .. 50 W	
Frekvence el. sítě:	50 / 60 Hz	
Jmenovité napětí:	1 x 230 V	
Max. spotřeba el. proudu:	0.09 .. 0.46 A	
Krytí (IEC 34-5):	X4D	
Třída izolace (IEC 85):	F	
Jiné:		
Energet. účinnost (EEI):	0.18	
Čistá hmotnost:	4.81 kg	
Hrubá hmotnost:	5.27 kg	
Přepravní objem:	0.015 m³	
Dánské číslo VVS:	380790040	
Švédské číslo RSK:	5732571	
Finské číslo LVI:	4615540	
Norské číslo NRF:	9042325	






Example of plug connected motor with extra earth, leakage flame and additional protection

Obrázek 71 - Charakteristika čerpadla Č6 - Varianta 2 [46]

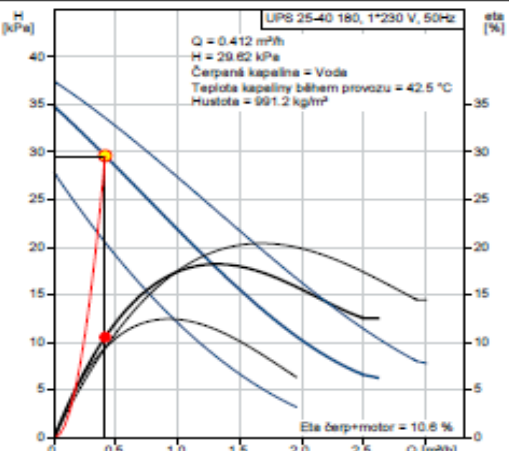
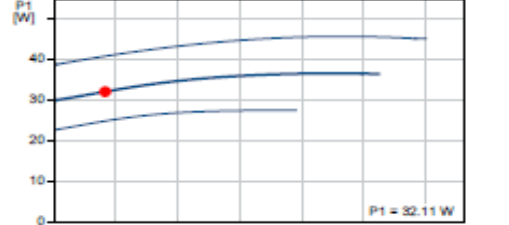
ČERPADLO Č7 - PRO OHŘEV TV

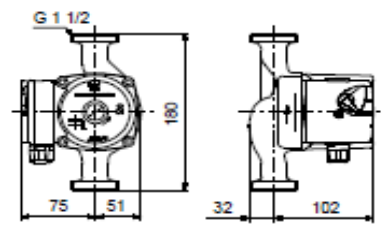



Název společnosti:
Vypracováno:
Telefon:

Datum: 03.12.2020

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	UPS 25-40 180
Objednací číslo:	96281384
EAN kód:	5700830382271
Cena:	
Tech.:	
Počet otáček:	3
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.412 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	29.62 kPa
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,EAC
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
Těleso čerpadla:	EN-JL1030
Těleso čerpadla:	ASTM 30 B
Oběžné kolo:	Kompozit, PES/PP
Instalace:	
Maximální okolní teplota při teplotě kapaliny 80°C:	40 °C
Maximální provozní tlak:	10 bar
Potrubií přípojka:	G 1 1/2
Jmenovitý tlak:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	180 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 110 °C
Vybraná teplota kapaliny:	42.5 °C
Hustota:	991.2 kg/m³
Elektrické údaje:	
Příkon pro otáčkový stupeň 1:	25 W
Příkon pro otáčkový stupeň 2:	35 W
Příkon pro otáčkový stupeň 3:	45 W
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Elektrický proud pro otáčkový stupeň 1:	0.12 A
Elektrický proud pro otáčkový stupeň 2:	0.16 A
Elektrický proud pro otáčkový stupeň 3:	0.2 A
Velikost kondenzátoru - provoz:	1.5 µF
Krytí (IEC 34-5):	IP44
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Žádný
Teplotní ochrana:	Impedančně chráněno
Rídící jednotky:	
Poloha svorkovnice:	9H
Jiné:	
Čistá hmotnost:	2.6 kg
Hrubá hmotnost:	2.8 kg
Přepravní objem:	0.004 m³





Obrázek 72 - Charakteristika čerpadla Č7 - Varianta 2 [46]

10 NÁVRH ZDROJE TEPLA

Jako zdroj tepla jsem zvolil tepelné čerpadlo vzduch-voda, které bude moci být umístěné na východní straně objektu, kde je parkoviště pro automobily. Tudiž případný hluk z tepelného čerpadla nebude rušit okolní zástavbu.

10.1 PŘÍPOJNÝ VÝKON

Podle normy ČSN EN 15 450 – Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly se pro budovy s vysokou tepelnou kapacitou může uvažovat při výpočtu přípojného výkonu s koeficienty z tabulky 19. [47]

Tabulka 19 - Koeficient pro výpočet přípojného výkonu

Druh spotřeby	Koeficient [-]
Vytápění	0,9
VZT	1,0
TV	1,0

Přípojný výkon P [kW] pro variantu 1:

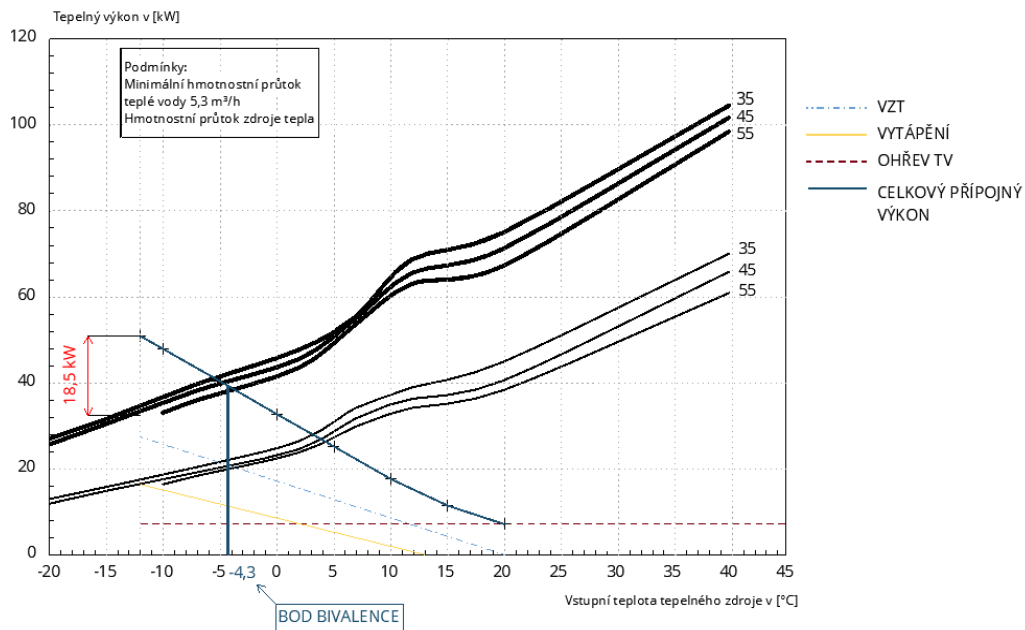
$$P = 0,9 \cdot Q_{VYT} + Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,9 \cdot 18,5 + 27,4 + 7,1 = 51,15 \text{ kW}$$

Přípojný výkon p [kW] pro variantu 2:

$$P = 0,9 \cdot Q_{VYT} + Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,9 \cdot 21,9 + 27,4 + 7,1 = 54,21 \text{ kW}$$

10.2 NÁVRH ZDROJE A URČENÍ BODU BIVALENCE – VARIANTA 1

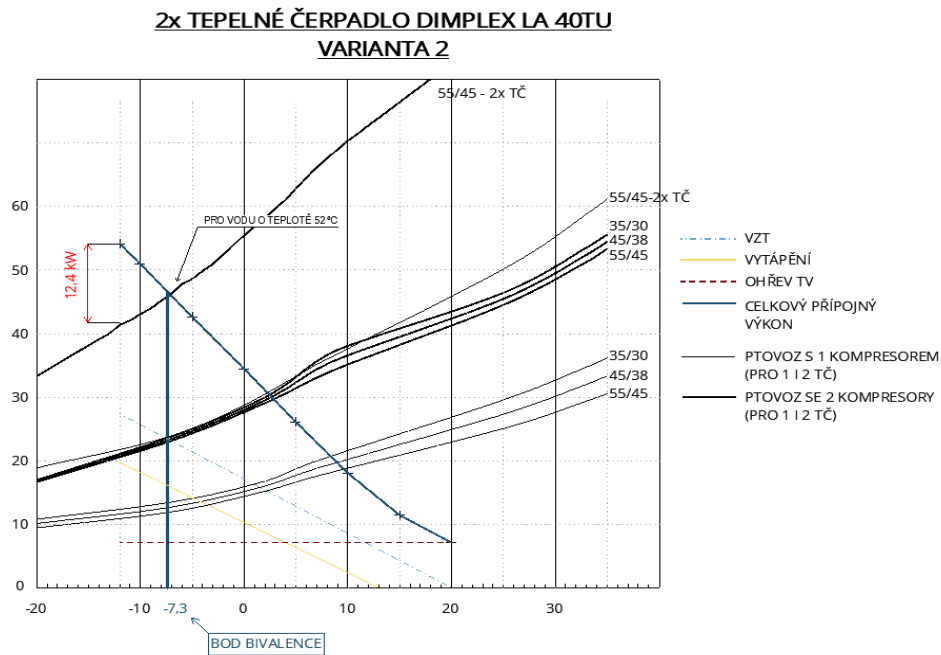
TEPELNÉ ČERPADLO DIMPLEX LA 60TUR+ VARIANTA 1



Graf 2 - Graf určující bod bivalence tepelného čerpadla - VARIANTA 1

Pro variantu 1 byl navrženo jedno tepelné čerpadlo Dimplex 60 TUR+, které bude pracovat paralelně bivalentním způsobem. Je nutné navrhnout druhý zdroj, který bude pracovat od teploty - 4,3 °C. Zároveň musí jeho výkon překonat alespoň 18,5 kW.

10.3 NÁVRH ZDROJE A URČENÍ BODU BIVALENCE – VARIANTA 2



Graf 3 - Graf určující bod bivalence tepelného čerpadla - VARIANTA 2

Pro variantu 2 jsem vyzkoušel stejné tepelné čerpadlo jako u varianty 1, ale bod bivalence vycházel už při příliš vysoké teplotě $-2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Optimální teplota pro bod bivalence je mezi -5 a $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proto jsem zkusil použít dvě tepelná čerpadla Dimplex LA 40TU. S těmito tepelnými čerpadly vyšel bod bivalence pro teplotu $-7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro druhý zdroj je požadavek na výkon $12,4\text{ kW}$.

10.4 NÁVRH BIVALETNÍHO ZDROJE

Jako bivalentní zdroj je navržený elektrický kotel BOSCH Tronic Heat 3000, který je speciálně vyráběn jako bivalentní zdroj pro tepelná čerpadla. Nemá v sobě zabudované vnitřní vybavení jako je oběhové čerpadlo apod. Tento kotel se vyrábí ve třech stupních jmenovitého výkonu ($6,15$ a 24 kW). Pro variantu 1 navrhuji elektrický kotel o maximálním výkonu 24 kW . A pro variantu 2 elektrický kotel, který může dosáhnout maximálně 15 kW . Tímto budou pokryté potřebné výkony, které není schopné zajistit tepelné čerpadlo, respektive tepelná čerpadla.

10.5 TEPLOTNÍ SPÁD TČ

V této části bude dopočten teplotní spád mezi akumulací nádrží a tepelnými čerpadly. Výrobci udávají minimální průtok pro tepelná čerpadla a ta musí být

splněna. Zároveň průtok v kotlovém okruhu musí být větší než topný okruh (od akumulární nádrže na stranu rozdělovače a ostatních větví).

10.5.1 VARIANTA 1

Minimální průtok pro tepelné čerpadlo Dimplex LA 60TUR+ je 5,3 m³/h. Průtok na topném okruhu činí 3,08 m³/h. Zvolený objemový průtok je 6 m³/h, na který bude navrženo oběhové čerpadlo. Minimální vrat, který může téct do tepelného čerpadla, je 18 °C.

$$M = \frac{Q}{c * (tw1 - tw2)} \rightarrow 6,0 * 990 = \frac{53048 * 3600}{4175 * (52 - tw2)} \rightarrow tw2 = 44,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplotní spád mezi tepelným čerpadlem a akumulární nádrží bude 52/45 °C.

10.5.2 VARIANTA 2

Minimální průtok pro tepelné čerpadlo Dimplex LA 40TU je 3,0 m³/h. Průtok, který se nachází na straně topného okruhu činí 3,275 m³/h. Skutečný zvolený průtok je 4,3 m³/h. Minimální teplota vratné vody, která může téct do tepelného čerpadla, je opět 18 °C.

$$M = \frac{Q}{c * (tw1 - tw2)} \rightarrow 4,3 * 990 = \frac{56458 * 3600}{4175 * (52 - tw2)} \rightarrow tw2 = 39,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplotní spád pro úsek mezi 2 tepelnými čerpadly a akumulární nádrží činí 52/40 °C.

10.5.2.1 SOUČET AKUSTICKÝCH TLAKŮ PRO DVĚ TEPELNÁ ČERPADLA VE VARIANTĚ 2

Součet akustických tlaků pro 2 zdroje se provede podle následujícího vzorce.

$$L = 10 \log(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2})$$

$$L = 10 \log(10^{0,1 \cdot 43} + 10^{0,1 \cdot 43}) = 46 \text{ dB}$$

Výsledná hodnota součtu dvou akustických tlaků pro 2 tepelná čerpadla ve variantě 2 je 46 dB. Tyto hodnoty jsou pro místo vzdálené 10 m od akustického zdroje. Umístění zdrojů hluku jsou na straně, kde nejsou umístěné třídy, aby nedocházelo k nadměrnému hluku. Zároveň se v objektu nenacházejí žádné obytné místnosti, které by měly být posuzovány z hlediska množství akustického tlaku. Požadovaná hodnota pro chráněný venkovní prostor stavby pro jiné než obytné místnosti je 50 dB. Detailnější posouzení by muselo být provedeno podle hlukové studie.

Zároveň umístění tepelných čerpadel ať už pro variantu 1, tak i pro variantu 2, jsou v prostoru, na který navazuje parkoviště, takže nebude docházet k rušení okolní zástavby.

10.6 TECHNICKÉ LISTY VÝROBKŮ

Technický list tepelného čerpadla Dimplex LA 60TUR+

Informace o zařízení	LA 60TUR+
Provedení	
- Zdroj tepla	Venkovní vzduch
- Provedení	Univerzální konstrukce reverzibilní
- Výpočet teplovního množství	Integrovaný
- Místo instalace	Zahraníční
- Výkonnostní úroveň	2
Limity použití	
- Zpětná teplota min. / Max. teplota topné vody 7)	18 / 60 °C +- 2K
- Min. teplota topné vody pro chlazení / Max. teplota topné vody při chlazení	7 / 20 °C
- Do ní limit použití zdroje tepla (topný provoz) / Horní mez provozu zdroje tepla (topný provoz)	-20 / 40 °C
- Do ní limit použití zdroje tepla (chladičí provoz) / Horní mez provozu zdroje tepla (chladičí provoz)	10 / 45 °C
Průtok / zvuk	
- Max. hmotnostní průtok topné vody / Tlaková ztráta	10,5 m³/h / 16100 Pa
- Hmotnostní průtok topné vody (A7W45) / Tlaková ztráta (A7W45)	10,2 m³/h / 15200 Pa
- Hmotnostní průtok topné vody (A7W55) / Tlaková ztráta (A7W55)	6,1 m³/h / 5800 Pa
- Minimální hmotnostní průtok teplé vody / Tlaková ztráta	5,3 m³/h / 4500 Pa
- Hmotnostní průtok chladičí vody podle normy EN14511 / Tlaková ztráta 12)	10,8 m³/h / 17000 Pa
- Výkon doplnkového výměníku tepla / Vnitřní tlaková ztráta doplnkového výměníku tepla	7 m³/h / 47100 Pa
- Hmotnostní průtok zdroje tepla (min.) / Prostup zdroje tepla (max.)	10000 / 22000 m³/h
- Hladina akustického výkonu podle EN 12012 (provoz se sníženou teplotou)	70 dB (A)
- Hladina akustického tlaku v 10 m 2)	45 dB (A)
- Hladina akustického tlaku 10 m (provoz se sníženou teplotou 2)	41 dB (A)
Rozměry / hmotnost a objemy náplní	
- Rozměry (Š x V x H) 3)	1900 x 2300 x 1000 mm
- Hmotnost	966 kg
- Druh závitů, připojení topení / Připojení topení	R / 2
- Druh závitů, připojení doplnkového výměníku tepla / Připojky vytápění doplnkového výměníku tepla	R / 1 ¼
- Chladivo / Množství chladiva	R417A / 31 kg
- Typ oleje / Množství oleje	Polyolester (POE) / 8,26 l
- Objem vody	18,8 l
- Objem vody mezivýměníku tepla	6,2 l
Elektrické připojení	
- Napájecí napětí / Zajštění	3/N/PE ~400 V, 50 Hz / C 50 A
- Stupeň krytí	IP 24
- Omezení naběhového proudu	Ano
- Rozběhový proud s jemným spouštěčem	78 A
- Kontrola točivého pole	Žádné
- ##nenaufahmeA7W35_EN14511## / maximální elektrický příkon 1)	14,95 / 29,9 kW
- Příkon ochrany kompresoru / Regulace ochrany kompresoru	70 W / termostaticky regulovaná
- Příkon ventilátoru	3,1 W
Odpovídá evropským bezpečnostním ustanovením	
Ostatní prováděcí charakteristiky	
- Druh odmrazování	Zpátečka okruhu
- Voda je v zařízení chráněna před zamrznutím 4)	Ano
- Přípustný provozní přetlak	3 bar
- 4cestný ventil pro topení a chlazení 9)	Ano

Tepelný výkon / topný faktor (COP) podle EN 14511: 1)8)9)10)

Topení 1. kompresor	W35	W45	W55
A-15	15,8 kW / 2,3	15,6 kW / 2,0	
A-7	20,4 kW / 2,8	18,7 kW / 2,3	17,1 kW / 2,1
A2	26,4 kW / 3,5	24,5 kW / 2,9	23,8 kW / 2,4
A7	34,1 kW / 4,2	31,7 kW / 3,5	29,0 kW / 2,8
A10	37,0 kW / 4,5	34,4 kW / 3,8	33,0 kW / 3,1
Topení 2. kompresor	W35	W45	W55
A-20	27,0 kW / 2,25	26,0 kW / 2,1	
A-15	31,5 kW / 2,5	30,4 kW / 2,21	
A-7	39,7 kW / 3,0	38,7 kW / 2,54	36,7 kW / 2,16
A2	47,6 kW / 3,4	45,5 kW / 2,92	45,1 kW / 2,5
A7	55,3 kW / 3,8	54,9 kW / 3,3	53,5 kW / 2,83
A10	59,6 kW / 4,0	61,8 kW / 3,56	60,0 kW / 3,0
A12	68,7 kW / 4,37	65,5 kW / 3,68	63,0 kW / 3,14

Chladičí výkon / topný faktor (EER) podle EN 14511: 8)11)

Chlazení 1. kompresor	W7	W18
A27	27,1 kW / 3,0	41,8 kW / 4,0
A35	24,0 kW / 2,4	36,0 kW / 3,2
Chlazení 2. kompresor	W9	W18
A27	54,5 kW / 2,8	72,7 kW / 3,4

Obrázek 73 - Technické údaje tepelného čerpadla Dimplex LA 60TUR+ [48]

Technický list tepelného čerpadla Dimplex LA 40TU

1	Typové a prodejní označení			LA 40TU	
2	Konstrukční provedení				
2.1	Provedení / regulátor			Univerzální / externí	
2.2	Výpočet teplotního množství			integrováný	
2.3	Místo instalace / způsob ochrany podle EN 60529			venku / IP24	
2.4	Ochrana jímky na kondenzát / topné vody před mrazem			vyhřívaná / ano ¹	
2.5	Výkonové stupně			2	
3	Limity použití				
3.1	Topná voda – přítok / vratná voda	°C		do 58 ± 2 / od 18	
	Vzduch (zdroj tepla)	°C		-25 až +35	
4	Výkonové údaje / průtok				
4.1	Průtok topné vody / interní tlakový rozdíl	A7/W35/30	m/hPa	6,2 / 3900	
		A7/W45/38	m/hPa	4,3 / 1900	
	Minimální hmotnostní průtok topné vody	A7/W55/45	m/hPa	3,0 / 950	
4.2	Tepelný výkon / topný faktor ²			EN 255	EN 14511
	u A-7 / W35	kW / ---	³	24,3 / 3,1	23,8 / 3,0
		kW / ---	⁴	13,8 / 3,2	13,5 / 3,1
	u A2 / W35	kW / ---	³	29,6 / 3,9	29,3 / 3,8
		kW / ---	⁴	17,1 / 4,0	16,8 / 3,9
	u A7 / W35	kW / ---	³		35,7 / 4,4
		kW / ---	⁴		20,0 / 4,6
	u A7 / W55	kW / ---	³		33,1 / 2,7
		kW / ---	⁴		17,6 / 2,7
	u A10 / W35	kW / ---	³	38,5 / 4,8	38,1 / 4,7
		kW / ---	⁴	22,0 / 5,0	21,7 / 4,9
4.3	Hladina akustického výkonu	dB(A)		70	
4.4	Hladina akustického tlaku ve vzdálenosti 10 m (strana vyfukování) ⁶	dB(A)		43	
4.5	Hmotnostní průtok vzduchu	m ³ /hod.		11000	
5	Rozměry, přípojky a hmotnost				
5.1	Rozměry zařízení bez přípojek	V × Š × D mm		2100 × 1735 × 952 (750)	
5.2	Přípojky zařízení pro topení	couly		G 1 1/2" vnitřní	
5.3	Hmotnost přepravní jednotky (jednotek) vč. obalu	kg		585	
5.4	Chladivo; celkové množství náplně	typ / kg		R404A / 11,8	
5.5	Mazivo; celkové množství náplně	typ / litrů		Polyolester (POE) / 4,1	
6	Elektrické připojení				
6.1	Jmenovité napětí; jistění	V / A		400 / 25	
6.2	Náběhový proud s jemným spouštěčem	A		30	
6.3	Jmenovitý příkon A2 W35 / max. příkon ^{2 3}	kW		7,9 / 12,6	
6.4	Jmenovitý proud A2 W35 / cos φ ³	A / ---		14,2 / 0,8	
6.5	Max. příkon ochrany kompresoru (pro každý kompresor)	W		70, termostatická regulace	
7	Odpovídá evropským bezpečnostním ustanovením			⁶	
8	Ostatní prováděcí charakteristiky				
	Druh odmrazování (v závislosti na potřebě)			Zpátečka okruhu	

Obrázek 74 - Technické údaje tepelného čerpadla LA 40TU [48]

Technický list elektrického kotle BOSCH Tronic Heat 3000

	Jedn.	Tronic Heat 3000/3500 4-12 kW				Tronic Heat 3000/3500 15-24 kW			Tronic 5000 H 30-60 kW		
Třída energetické účinnosti pro vytápění											
Jmenovitý tepelný výkon	kW	4	6	9	12	15	18	24	30	45	90
Účinnost	%	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Řazení spirál	kW	3x1,3	3x2	3x3	3x4	3x3+3x2	6x3	6x4	4x7,5	2x15 + 2x7,5	4x15
Silové napětí	V(AC)	230				230			-	-	-
Jmenovitý proud (pro 1x230 Vac)	A	17,4	26,1	39,2	52,2	-	-	-	-	-	-
Požadovaný jistič (pro 1x230 Vac)	A	20	32	50(40)	63	-	-	-	-	-	-
Silové napětí	V(AC)	3x400/230				3x400/230			3x400/230		
Jmenovitý proud (pro 3x400/230 Vac)	A	5,8	8,7	13,1	17,4	21,8	26,1	34,8	45	67	88
Požadovaný jistič (pro 3x400/230 Vac)	A	10	10	16	20	25	32	40	50	80	100
Elektrické krytí	IP	IP40				IP40			IP40		
Svorky pro On/Off termostat	V	24Vdc				24Vdc			230V-		
Max. provozní tlak	bar	3				3			2,5		
Min. provozní tlak	bar	0,6				0,6			0,8		
Max. teplota otopné vody	°C	85				85			90		
Tlaková expanzní nádoba*	l	7				7			-	-	-
Pojistný ventil 1/2"	bar	3				3			2,5		
Připojení otopné vody (vněj. závit)	palce	G 3/4				G 3/4			G1		
Hmotnost kotle bez vody	kg	17				22			48	53	62
Š x V x H Tronic Heat 3000	mm	330 x 712 x 193				416 x 712 x 193			-	-	-
Š x V x H Tronic Heat 3500	mm	330 x 712 x 273				416 x 721 x 300			-	-	-
Š x V x H Tronic 5000 H	mm	-	-	-	-	-	-	-	615 x 870 x 335		

*platí pro variantu Tronic Heat 3500 vybavenou expanzní nádobou a oběhovým čerpadlem

Výkonové varianty

	Jedn.	Tronic Heat 3000 4-12 kW	Tronic Heat 3500	Tronic 5000 H
	kW	6 / 15 / 24	4 / 6 / 9 / 12 / 15 / 18 / 24	30 / 45 / 60

Kotle Tronic Heat se vyrábí ve 2 variantách:

► Tronic Heat 3500

se 7litrovou expanzní nádobou a oběhovým čerpadlem, určené především jako hlavní zdroj vytápění (automatický provoz, odvzdušnění čerpadla, program proti zablokování a řízení na konstantní tlak)

► Tronic Heat 3000

bez expanzní nádoby a oběhového čerpadla, vhodné i jako záložní zdroj

Obrázek 75 - Technické údaje elektrického kotle BOSCH Tronic Heat 3000 [49]

11 NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDRŽE

Jelikož navržená tepelné čerpadla jsou bez frekvenčního měniče, je nutné navrhnout akumulční zásobník otopné vody. Aby se snížil počet startů tepelných čerpadel. Časté starty totiž snižují jejich životnost.

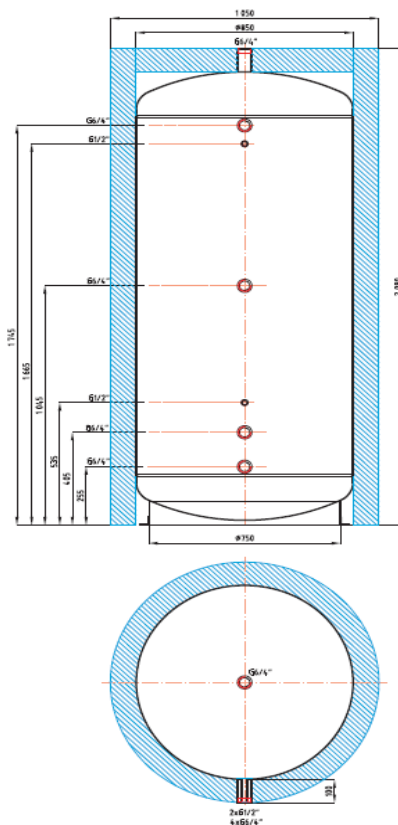
Akumulační nádrž pro topnou vodu zároveň plní funkci HVDT, který vyrovnává hydraulické poměry v soustavě a eliminuje přebytky dynamických tlaků čerpadel.

Firma Viessmann udává, že přibližná hodnota akumulčního zásobníku na otopnou vodu je 20 litrů na 1 kW tepelného výkonu. Pro variantu 1 i 2 jsou tepelné výkony podobné tudíž pro obě varianty bude navržený stejný akumulční zásobník topné vody.

$$V_{AZ} = 20 \cdot P = 20 \cdot 53 (56) = 1060 (1120) \text{ l} \rightarrow \text{volím AN o objemu 1100 l}$$

Akumulační nádrž Regulus PS 1100 E

kód: 9039 izolace - kód: 11777



Celkový objem kapaliny v nádrži:.....	1038 l
Maximální provozní teplota v nádrži:.....	95 °C
Maximální provozní tlak v nádrži:.....	4 bar
Hmotnost prázdné nádrže:.....	124 kg
Klopná výška při sundané izolaci:.....	2120 mm

Obrázek 76 - Technický list akumulční nádrže
Regulus PS 1100 E [50]

11.1 NABÍJENÍ AKUMULAČNÍ NÁDRŽE

V této části bude proveden výpočet doby nabíjení akumulční nádrže pro obě varianty. Bude se jednat pouze o nabíjení bez uvažování vybíjení o výkonu tepelných čerpadel při 0 °C.

$$\tau = \frac{V \cdot (t_{w1} - t_{w2}) \cdot 4186}{3600 \cdot Q_{0^\circ\text{C}}}$$

kde:

V je objem akumulční nádrže [m³];

t_{w1} teplota přírodní vody [°C];

t_{w2} teplota vratné vody [°C];

Q_{0°C} výkon tepelného čerpadla při 0 °C venkovní teploty [kW].

VARIANTA 1

$$\tau = \frac{1,038 \cdot (52 - 45) \cdot 4186}{3600 \cdot 42} = 0,2 \text{ hodiny} = 12 \text{ minut}$$

VARIANTA 2

$$\tau = \frac{1,038 \cdot (52 - 40) \cdot 4186}{3600 \cdot 54,1} = 0,27 \text{ h} = 16 \text{ minut}$$

Doba ohřevu v obou případech nepřesáhne ani 20 minut, pokud by byl použitý plný výkon tepelného čerpadla při 0 °C venkovní teploty.

12 NÁVRH ROZDĚLOVAČE A SBĚRAČE

V technické místnosti je navržený rozdělovač a sběrač RS KOMBI. Jeho princip spočívá v napojení přívodního a vratného potrubí souběžně do oddělených komor RS KOMBI. Mezi přívodním a vratným potrubím lze potom snadno umístit směšovací ventily, oběhová čerpadla a další armatury. Při stanovení rozteče jednotlivých hrdel je nutné vycházet z rozměrů následně osazených armatur, aby je bylo možné instalovat a byly volně manipulovatelné.

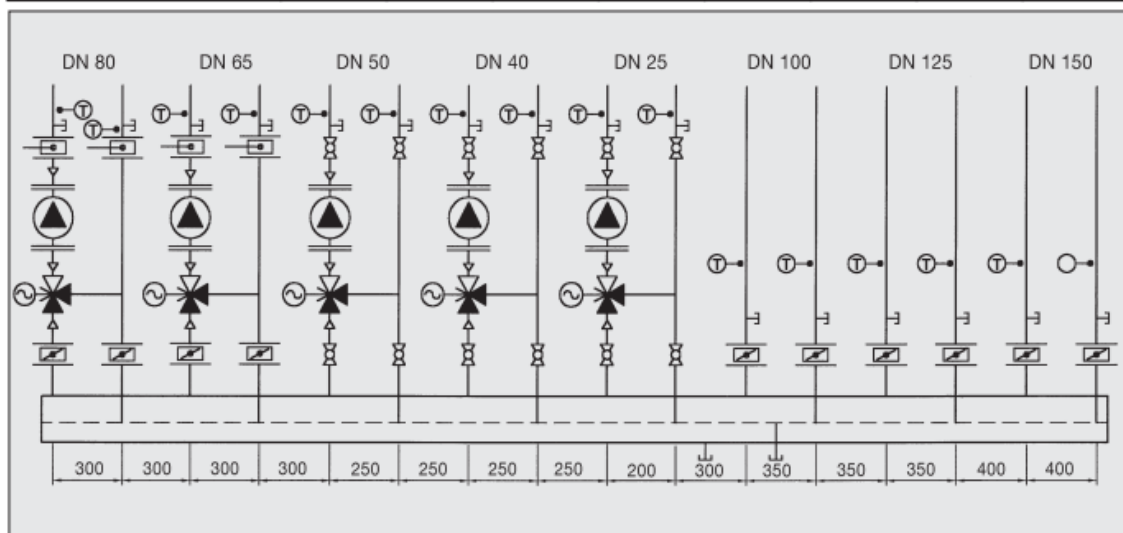
$$M_{V1} = M_{VZT} + M_{\dot{U}T1} + M_{\dot{U}T2} + M_{TV} = 2,388 + 0,694 + 0,917 + 0,412 = 4,41 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_{V2} = M_{VZT} + M_{\dot{U}T1} + M_{\dot{U}T2} + M_{TV} = 2,388 + 1,407 + 1,774 + 0,412 = 5,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pro obě varianty navrhuji kombinovaný rozdělovač a sběrač ETL RS KOMBI:

Modul	120
Q _{max}	15 m ³ /h
Max. výkon	350 kW
Průtok. průřez komor	0,004 m ²
Max. délka	3 m

Q _{max} = [m ³ /hod]	6	10	15	23	42	65	95	130
do výkonu [kW] při Δt=20	120	250	350	550	1000	1500	2100	3000
MODUL	80	100	120	150	200	250	300	350
Průtok. průřez komor S _p (m ²)	0,0019	0,0028	0,0040	0,0070	0,0114	0,0176	0,0271	0,0380
Max. délka (m)	1,5	2,0	3,0					



Obrázek 77 - Technický list rozdělovače a sběrače ETL RS KOMBI [51]

13 NÁVRH ZABEZPĚCOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

Návrh expanzní nádoby a pojišťovacích ventilů je proveden dle ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení. [52]

13.1 NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY

13.1.1 VARIANTA 1

OBJEM VODY V POTRUBÍ

Materiál	DN [mm]			Vnitřní plocha potrubí [dm ² /m]	Délka potrubí [m]	Celkový objem [l]
PE-RT	14	x	2	0,079	191	15
PE-RT	16	x	2	0,113	55	6
PE-RT	18	x	2	0,154	26	4
PE-RT	20	x	2	0,201	83	17
PE-RT	26	x	3	0,314	134	42
PE-RT	32	x	3	0,531	67	35
PE-RT	40	x	3,5	0,855	26	22
Cu	54	x	2	1,963	40	78
CELKEM:						220

OBJEM VODY V TĚLESECH

Typ tělesa	Počet [-]	Délka [m]	Objem jednoho tělesa		Celkový objem [l]
			[l/m]	[l]	
KORALINE LD 30/26/120	3	1,2	1,1	1,3	4,0
KORALINE LD 45/31/140	4	1,4	1,5	2,0	8,1
KORALINE LD 45/31/160	4	1,6	1,5	2,3	9,3
KORALINE LD 45/31/180	4	1,8	1,5	2,6	10,4
KLMM 1810.750	5	-	-	15,9	79,5
RADIK 11 VKM8 400/1200	1	1,2	2,3	2,8	2,8
RADIK 11 VKM8 500/800	1	0,8	2,7	2,2	2,2
RADIK 11 VKM8 500/1200	2	1,2	2,7	3,2	6,5
RADIK 11 VKM8 500/1400	1	1,4	2,7	3,8	3,8
RADIK 11 VKM8 600/800	4	0,8	3,1	2,5	9,9
RADIK 11 VKM8 700/800	1	0,8	3,5	2,8	2,8
RADIK 11 VKM8 900/1000	1	1,0	4,5	4,5	4,5
RADIK 20 VKM8 500/1200	1	1,2	5,3	6,4	6,4
RADIK 20 VKM8 700/800	1	0,8	7,0	5,6	5,6
RADIK 21 VKM8 500/800	1	0,8	5,3	4,2	4,2
RADIK 21 VKM8 900/1400	2	1,4	8,7	12,2	24,4
RADIK 22 VKM8 600/1400	2	1,4	6,2	8,7	17,4
RADIK 22 VKM8 900/1400	2	1,4	8,9	12,5	24,9
RADIK 33 VKM8 600/1000	1	1,0	9,3	9,3	9,3
CELKEM:					235,9

OBJEM VODY V OSTATNÍCH ZAŘÍZENÍCH

Objem vody v tepelném čerpadle: $V_1 = 18,8 \text{ l}$

Objem vody v ohřivači VZT: $V_2 = 6 \text{ l}$

Objem vody v ohřivači TV: $V_3 = 39 \text{ l}$

Objem vody v rozdělovači a sběrači: $V_4 = 19,6 \text{ l}$

Objem vody v akumulční nádrži: $V_5 = 1038 \text{ l}$

Objem elektrokotle: $V_6 = 14,5 \text{ l}$

OBJEM VODY V CELÉ SOUSTAVĚ

$$V_O = V_{potrubí} + V_{OT} + V_{ZAŘ} = 220 + 235,9 + 1136 = 1592 \text{ l} = 1,592 \text{ m}^3$$

VÝPOČET EXPANZNÍHO OBJEMU

$$V_e = 1,3 \cdot V_O \cdot n = 1,3 \cdot 1,592 \cdot 0,0127 = 0,026 \text{ m}^3$$

kde:

V_O je objem vody v soustavě [m^3];

V_e expanzní objem [m^3];

n součinitel zvětšení objemu při ($t_{\max} - 10 \text{ }^\circ\text{C}$) [-].

NEJNIŽŠÍ DOVOLENÝ PŘETLAK SOUSTAVY

$$p_{ddov} \geq \frac{1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g}{1000} + p_z$$
$$p_{ddov} \geq \frac{1,1 \cdot 7,8 \cdot 988,6 \cdot 9,81}{1000} + 0$$
$$p_{ddov} \geq 83,2 \text{ kPa} \rightarrow p_d = \mathbf{100 \text{ kPa}}$$

kde:

p_{ddov} je nejnižší dovolený přetlak soustavy [kPa];

h výška vodního sloupce mezi neutrálním bodem a nejvyšším bodem soustavy [m];

p_z tlaková ztráta části soustavy mezi neutrálním a nejvyšším bodem ve směru proudění [kPa]

p_d nejnižší provozní přetlak [kPa].

NEJVYŠŠÍ DOVOLENÝ PŘETLAK SOUSTAVY

$$p_{hdov} \leq p_k + \frac{h_{MR} \cdot \rho \cdot g}{1000}$$
$$p_{hdov} \leq 300 + \frac{(-1,5) \cdot 988,6 \cdot 9,81}{1000}$$
$$p_{hdov} \leq 285,5 \text{ kPa} \rightarrow p_h = \mathbf{250 \text{ kPa}}$$

Návrh nejvyššího dovoleného přetlaku je 250 kPa.

kde:

p_{hdov} je nejvyšší dovolený provozní přetlak soustavy [kPa];

h_{MR} výšková vzdálenost zařízení s nejmenším p_k od manometrické roviny [m];

p_k minimální z konstrukčních přetlaků všech komponent soustavy [kPa].

Tabulka 20 - Maximální provozní tlak pro zařízení

Zařízení	max p_k [kPa]
Otopná tělesa	1000
Potrubí včetně spojů	1000
Rozdělovač a sběrač	600
Ohřívač VZT	1600
Ohřívač TV	600
Akumulační nádrž	400
Tepelné čerpadlo	300
Elektrokotel	300

NÁVRH OBJEMU NÁDOBY

$$V_{ep} = \frac{V_e \cdot (p_h + 100)}{p_h - p_d} = \frac{0,026 \cdot (250 + 100)}{250 - 100} = 0,0607 \text{ m}^3$$

Navrhují tlakovou expanzní nádobu REFLEX NG 80/6 o objemu 80 l.

NÁVRH EXPANZNÍHO POTRUBÍ

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 63,75^{0,5} = 14,8 \text{ mm}$$

\rightarrow **navrženo potrubí PE – RT 20x2**

kde:

d_p je vnitřní průměr potrubí [mm];

Q_p výkon zdroje tepla [kW].

13.1.2 VARIANTA 2

OBJEM VODY V POTRUBÍ

Materiál	DN [mm]		Vnitřní plocha potrubí [dm ² /m]	Délka potrubí [m]	Celkový objem [l]
PE-RT	16	x 2	0,113	667	75
PE-RT	18	x 2	0,154	1125	173
PE-RT	20	x 2	0,201	1	0
PE-RT	26	x 3	0,314	16	5
PE-RT	32	x 3	0,531	55	29
PE-RT	40	x 3,5	0,855	56	48
Cu	54	x 2	1,963	84	165
CELKEM:					496

OBJEM VODY V TĚLESECH

Typ tělesa	Počet [-]	Objem jednoho tělesa [l]	Celkový objem [l]
K20A 1780/500	1	13	13
K20A 1780/600	3	14,8	44,4
K20A 1780/750	3	17,6	52,8
CELKEM:			110,2

OBJEM VODY V OSTATNÍCH ZAŘÍZENÍCH

Objem vody v tepelném čerpadle: $V_1 = 15,2 = 30$ l

Objem vody v ohřívači VZT: $V_2 = 6$ l

Objem vody v ohřívači TV: $V_3 = 39$ l

Objem vody v rozdělovači a sběrači: $V_4 = 19,6$ l

Objem vody v akumulční nádrži: $V_5 = 1038$ l

Objem elektrokotle: $V_6 = 14,5$ l

OBJEM VODY V CELÉ SOUSTAVĚ

$$V_O = V_{potrubí} + V_{OT} + V_{ZAŘ} = 496 + 110,2 + 1147 = 1753 \text{ l} = 1,753 \text{ m}^3$$

VÝPOČET EXPANZNÍHO OBJEMU

$$V_e = 1,3 \cdot V_O \cdot n = 1,3 \cdot 1,753 \cdot 0,0127 = 0,026 \text{ m}^3$$

NEJNÍŽŠÍ DOVOLENÝ PŘETLAK SOUSTAVY

$$p_{ddov} \geq \frac{1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g}{1000} + p_z$$

$$p_{ddov} \geq \frac{1,1 \cdot 7,8 \cdot 989,6 \cdot 9,81}{1000} + 0$$

$$p_{ddov} \geq 83,29 \text{ kPa} \rightarrow p_d = 100 \text{ kPa}$$

NEJVYŠŠÍ DOVOLENÝ PŘETLAK SOUSTAVY

$$p_{hdov} \leq p_k + \frac{h_{MR} \cdot \rho \cdot g}{1000}$$
$$p_{hdov} \leq 300 + \frac{(-1,5) \cdot 989,6 \cdot 9,81}{1000}$$
$$p_{hdov} \leq 285,4 \text{ kPa} \rightarrow p_h = 250 \text{ kPa}$$

NÁVRH OBJEMU NÁDOBY

$$V_{ep} = \frac{V_e \cdot (p_h + 100)}{p_h - p_d} = \frac{0,026 \cdot (250 + 100)}{250 - 100} = 0,0607 \text{ m}^3$$

Navrhuji tlakovou expanzní nádobu REFLEX NG 80/6 o objemu 80 l.

NÁVRH EXPANZNÍHO POTRUBÍ

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 67^{0,5} = 14,9 \text{ mm}$$

\rightarrow *navrženo potrubí PE – RT 20x2*

13.1.3 ZÁVĚR

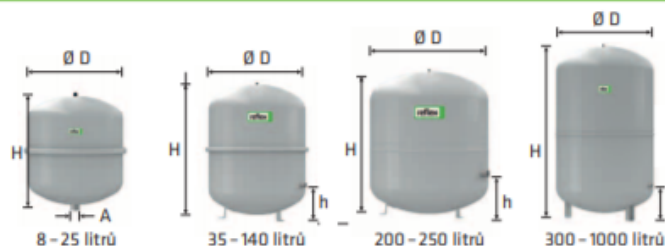
Pro obě varianty byla navržena stejná tlaková expanzní nádoba REFLEX NG 80/6 o objemu 80 l. Expanzní potrubí v obou případech bude PE-RT 20x2. Bude umístěna v technické místnosti na vratu od rozdělovače a sběrače k akumulární nádobě.

13.1.4 TECHNICKÝ LIST TLAKOVÉ EXPANZNÍ NÁDOBY PRO TOPNÉ SYSTÉMY – REFLEX NG,N

Technická data Reflex

Reflex NG, N

- pro uzavřené soustavy topení a chlazení
- závitové připojení
- od 35 litrů stojaté provedení
- membrána podle DIN EN 13831
- přípustná teplota 70 °C
- koncentrace glykolu max 30 %
- schválení podle směrnice pro tlaková zařízení 97/23/EG



6 bar	Typ *	Obj. číslo		Počet na paletě	Hmotnost (kg)	Ø D (mm)	H (mm)	h (mm)	A	Přetlak plynu (bar)
	6 bar/120 °C	šedá	bílá							
	NG 8/6	8230100	7230107	96	1,6	206	285	-	R ¼	1,5
	NG 12/6	8240100	7240107	72	2,4	280	275	-	R ¼	1,5
	NG 18/6	8250100	7250107	56	3,4	280	345	-	R ¼	1,5
	NG 25/6	8260100	7260107	42	4,2	280	465	-	R ¼	1,5
	NG 35/6	8270100	7270107	24	4,8	354	460	130	R ¼	1,5
	NG 50/6	8001011	7001100	24	5,7	409	493	175	R ¼	1,5
	NG 80/6	8001211	7001300	12	8,7	480	565	175	R 1	1,5
	NG 100/6	8001411	7001500	10	11,4	480	670	175	R 1	1,5
	NG 140/6	8001611	7001700	6	13,1	480	912	175	R 1	1,5
6 bar	N 200/6	8213300	-	4	22,0	634	758	205	R 1	1,5
	N 250/6	8214300	-	4	24,7	634	888	205	R 1	1,5
	N 300/6	8215300	-	-	27,0	634	1092	235	R 1	1,5
	N 400/6	8218000	-	-	47,0	740	1102	245	R 1	1,5
	N 500/6	8218300	-	-	52,0	740	1321	245	R 1	1,5
	N 600/6	8218400	-	-	66,0	740	1531	245	R 1	1,5
	N 800/6	8218500	-	-	96,0	740	1996	245	R 1	1,5
	N 1000/6	8218600	-	-	118,0	740	2406	245	R 1	1,5

↑ V_j jmenovitý objem v litrech / tlak

* pro soustavy s maximální teplotou výstupní větve 120 °C

Obrázek 78 - Technické údaje tlakové expanzní nádoby Reflex [53]

13.2 NÁVRH POJISTNÝCH VENTILŮ

ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení, ÚNMZ 2014.
[52]

13.2.1 POJISTNÝ VENTIL PRO OTOPNOU SOUSTAVU

Pro tepelná čerpadla, která jsou navržena v této práci jsou schopny pracovat s maximální teplotou 60 °C. Proto nedojde ke vzniku páry, a tudíž spadají do skupiny A1. Pro skupinu A1 platí, že se pojistný výkon Q_p [kW] rovná jmenovitému výkonu zdroje Q_N [kW].

13.2.2 VARIANTA 1

PRŮŘEZ SEDLA POJISTNÉHO VENTILU

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_{otv}}} = \frac{2 \cdot 63,75}{0,540 \cdot \sqrt{250}} = 14,93 \text{ mm}^2$$

Kde:

α_v je výtokový součinitel [-];

p_{otv} otevírací tlak [kPa].

VNITŘNÍ PRŮMĚR POJISTNÉHO POTRUBÍ

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{63,75} = 14,8 \text{ mm}$$

13.2.3 VARIANTA 2

PRŮŘEZ SEDLA POJISTNÉHO VENTILU

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_{otv}}} = \frac{2 \cdot 67}{0,540 \cdot \sqrt{250}} = 15,69 \text{ mm}^2$$

VNITŘNÍ PRŮMĚR POJISTNÉHO POTRUBÍ

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{67} = 14,91 \text{ mm}$$

kde:

d_p je vnitřní průměr potrubí [mm];

Q_p výkon zdroje tepla [kW].

Pro obě varianty je navržený stejný pojistný ventil a to IVAR.PV.KD se jmenovitou světlostí DN 15. Pojistné potrubí je navrženo PE-RT 20x2.

13.2.4 TECHNICKÝ LIST POJISTNÉHO VENTILU PRO TOPENÍ IVAR.PV.KD

TECHNICKÝ LIST



1) Výrobek: **POJISTNÝ VENTIL PRO TOPENÍ**

2) Typ: **IVAR.PV KD**



3) Charakteristika použití:

- Membránové pojistné ventily jsou vyrobeny v souladu se základními požadavky bezpečnostní normy pro tlaková zařízení, stanovené směrnicí 97/23/CE Evropského parlamentu a Rady Evropské Unie pro harmonizaci předpisů členských států.
- Membránové pojistné ventily se používají pro regulaci tlaku teplotnosné kapaliny v uzavřených okruzích tepelných zdrojů, otopných a klimatizačních systémů.
- V klidové poloze je pojistný ventil uzavřen a po dosažení nastaveného tlaku se pojistný ventil otevře a odpustí přebytečný tlak, přídavná pojistná krytka zamezuje manipulaci nepovolaným osobám a poškození.
- Zabraňují, aby systém nedosáhl takové úrovně, která by byla nebezpečná pro zdroj nebo komponenty v systému zabudované.
- Ruční ovládací hlavou lze provádět ruční odpouštění, periodickým odpouštěním lze odstranit případné mechanické nebo jiné nečistoty z těsníčního sedla.
- Těsnění sedla ventilu ze silikonové pryže zabraňuje jeho přilepení i při vysokých teplotách.
- V souladu s ČSN EN ISO 4126.

5) Technické a provozní parametry:

Maximální provozní tlak	PN 16 / PN 10
Rozsah provozní teploty	-10 °C +120 °C
Otevírací tlaky	0,5 ÷ 10 bar; rozsah nastavení viz tabulka
Tlak při plném otevření	$p_{max} 1,2 p_o$
Materiál	mosaz; těsnění kuželky silikonová pryž; membrána EPDM
Dodávané rozměry	závit vnitřní / vnitřní 1/2" FF ÷ 2" FF

Rozměr	Jmenovitá světlost DN (mm)	Nejmenší průřezný průřez (mm ²)	Zaručený výtokový součinitel α_w (-)	Otevírací tlak po (kPa) Při p_o do 300 kPa tolerance $\pm 10\%$ Při p_o nad 300 kPa tolerance ± 30 kPa
1/2" x 3/4"	15	177	0,540	150, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000
3/4" x 1"	20	177	0,580	100, 150, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000
1" x 5/4"	25	380	0,684	50, 100, 150, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000
5/4" x 6/4"	32	804	0,693	100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000
6/4" x 2"	40	1017	0,549	50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000
2" x 2 1/2"	50	1589	0,576	50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000

Obrázek 79 - Technické údaje pojistného ventilu IVAR.PV.KD [39]

14 VÝPOČET POTŘEBY TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ, OHŘEV TEPLÉ VODY A ZZT

Pro výpočet potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody byl proveden podle výpočtu na stránkách tzbinfo, kde výpočet je výpočet proveden podle lokality, venkovní výpočtové teploty, délky otopného období a okrajových podmínek. [60] [62]

Výpočet potřeby tepla pro ZZT byl proveden podle článku z tzbinfo, který uvažuje s procentuálním výkonem jednotky ZZT. [61]

Roční potřeba tepla pro vytápění

$$Q_{VYT,r} = \frac{24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D}{t_{is} - t_e}$$

kde:

$Q_{VYT,r}$ je roční potřeba tepla [Wh/rok];

Q_c tepelná ztráta objektu [W];

ε opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby vytápění, nesoučasnost denostupňů [d.K];

t_{is} průměrná výpočtová vnitřní teplota [°C];

t_e výpočtová venkovní teplota [°C].

$$\varepsilon = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_o \cdot \eta_r}$$

kde:

ε je opravný součinitel [-];

e_i nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem. Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10-20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel $e_i=0,8-0,9$;

e_t snížení teploty v místnosti během dne, resp. noci. V některých objektech je vlivem vhodné regulace možno snížit teplotu po určitou část dne;

e_d krácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu e_d . Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel e_d v rozmezí od 1,0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0,9 pro budovy se šestidenním a 0,8 pro budovy s pětidenním provozem;

η_o účinnost rozvodu – volí se v rozmezí 0,95-0,98 podle provedení;

η_r účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy – volí se v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po 1,0 pro plynovou kotelnou s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací.

$$D = (t_{is} - t_{es}) \cdot d$$

kde:

d je počet dnů otopného období v roce.

Roční potřeba tepla pro ohřev TV

$$Q_{TV,r} = Q_{TV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TV,d} \cdot \frac{55 - t_{SV1}}{55 - t_{SVZ}} \cdot (N - d)$$

kde:

$Q_{TV,d}$ je denní potřeba vody pro ohřev TV [Wh/rok];

d počet dnů otopného období v roce;

0,8 součinitel zohledňující snížení spotřeby v létě;

55 teplota teplé vody;

T_{SV1} teplota studené vody v létě;

t_{SVZ} teplota studené vody v zimě;

N počet pracovních dní v soustavě, kdy se připravuje TV.

Roční potřeba tepla pro ZZT

$$Q_T = V \cdot \rho \cdot c \cdot z \cdot \frac{z}{7} \cdot D$$

$$Q_{T,ZZT} = 1,05 \cdot (1 - U) \cdot Q_T$$

kde:

d je počet provozních dní v týdnu;

V průtok vzduchu;

ρ hustota vzduchu;

c tepelná kapacita vzduchu;

U účinnost systému ZZT;

D počet větracích denostupňů.

VÝPOČET POTŘEBY TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ A TV

Lokalita (Tabulka) t_{em} = 12 °C t_{em} = 13 °C t_{em} = 15 °C ???

Město Délka topného období d = [dny]

Venkovní výpočtová teplota t_e = °C Prům. teplota během otopného období t_{es} = °C

Vytápění

Tepelná ztráta objektu Q_c = kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is} = °C ???

Vytápěcí denostupně
D = d · (t_{is} - t_{es}) = 3744 K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

e_i = ??? η_o = ???

e_t = ??? η_r = ???

e_d = ???

Opravný součinitel ε ???

ε = e_i · e_t · e_d = 0.686

ε =

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

133,8 GJ/rok

Q_{VYT,r} = MWh/rok

Ohřev teplé vody

t₁ = °C ??? ρ = kg/m³ ???

t₂ = °C ??? c = J/kgK ???

V_{2p} = m³/den ???

Koeficient energetických ztrát systému z = ???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 83 \text{ kWh}$$

Teplota studené vody v létě t_{svl} = °C

Teplota studené vody v zimě t_{svz} = °C

Počet pracovních dní soustavy v roce N = [dny]

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$$

Q_{TUV,r} = MWh/rok

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = GJ/rok

58,1 MWh/rok

Obrázek 80 - Výpočet potřeby tepla pro vytápění a přípravu TV

VÝPOČET POTŘEBY TEPLA PRO ZZT

$$Q_{T,PO-PÁ} = \frac{6712}{3600} \cdot 1300 \cdot 12 \cdot \frac{5}{7} \cdot 3200 = 66,48 \text{ MWh/rok}$$

$$Q_{T,ZZT} = 1,05 \cdot (1 - 0,65) \cdot 66,48 = 24,43 \text{ MWh/rok} = 87,95 \text{ GJ/rok}$$

CELKOVÁ POTŘEBA TEPLA

$$Q_{CELK} = Q_{VYT} + Q_{TV} + Q_{ZZT} = 37,2 + 20,9 + 24,43 = 82,5 \text{ MWh/rok} = 297 \text{ GJ/rok}$$

15 NÁVRH TEPELNÉ IZOLACE POTRUBÍ

Tepelná ztráta kruhového průřezu je způsobena vedením tepla jednotlivými vrstvami potrubí a přestupem tepla do okolního prostředí.

Velikost tepelné ztráty je ovlivněna těmito faktory:

- Součinitel prostupu tepla válcovou stěnou
- Materiál trubky (minimálně)
- Materiál izolace (maximálně)
- Přestup tepla mezi povrchem potrubí a okolního prostředí α_e
- Délka potrubí l
- Rozdíl teploty média uvnitř t_{in} a teploty v jeho okolí t_{out}

Pomocí zjednodušeného vzorce, kde se zanedbává tepelný odpor při přestupu tepla mezi médii a stěnou trubky vypočteme součinitel prostupu tepla pro válcovou stěnu U_o [W/m.K]:

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln \frac{d}{d - 2 \cdot s_t} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}}$$

Vyhláška č. 193/2007 stanovuje povinnost opatřit rozvody pro vytápění a TV tepelnou izolací a definuje tzv. "Určující součinitele prostupu tepla" v závislosti na DN izolovaných rozvodů. [54]

Tabulka 21 - Určující součinitele prostupu tepla dle DN rozvodů

URČUJÍCÍ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA PRO VNITŘNÍ ROZVODY	
DN [mm]	U_o [W/m.K]
DN 10 – DN 15	0,15
DN 20 – DN 32	0,18
DN 40 – DN 65	0,27
DN 80 – DN 125	0,34
DN 150 – DN 200	0,40

Návrh izolace byl proveden pomocí softwaru na webových stránkách tzb-info.

Tabulka 22 - Návrh tepelné izolace pro rozvody potrubí

POTRUBÍ VEDENÉ PODÉL STĚN A POD STROPEM						
Materiál	Rozměr potrubí	Navržená izolace	Tl. izolace	Vypočtené U_o	Požadované U_o	Posouzení
	[mm]		[mm]	[W/m.K]	[W/m.K]	
PE-RT	14x2	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	25	0,137	0,15	VYHOVUJE
PE-RT	16x2	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	25	0,147	0,15	VYHOVUJE
PE-RT	18x2	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	30	0,144	0,15	VYHOVUJE
PE-RT	20x2	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	40	0,134	0,15	VYHOVUJE
PE-RT	26x3	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	30	0,175	0,18	VYHOVUJE
PE-RT	32x3	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	40	0,171	0,18	VYHOVUJE
PE-RT	40x3,5	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	50	0,172	0,18	VYHOVUJE
Cu	54x2	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	40	0,236	0,27	VYHOVUJE
POTRUBÍ VEDENÉ V PODLAZE (VE VRSTVĚ TEPELNÉ IZOLACE						
(v tomto případě může být tloušťka tep. izolace potrubí snížena na polovinu)						
PE-RT	14x2	MIRELON PRO	6	0,274	0,3	VYHOVUJE
PE-RT	16x2	MIRELON PRO	9	0,259	0,3	VYHOVUJE
PE-RT	18x2	MIRELON PRO	9	0,28	0,3	VYHOVUJE
PE-RT	20x2	MIRELON PRO	13	0,257	0,3	VYHOVUJE
PE-RT	26x3	MIRELON PRO	9	0,359	0,36	VYHOVUJE
VENKOVNÍ POTRUBÍ PRO OHŘÍVAČ VZT						
PE-RT	40x3,5	ROCKWOOL-FLEXOROCK	60	0,15	0,18	VYHOVUJE

Teplota otopné vody a teploty vnitřních prostor se příliš neliší, proto byl proveden výpočet součinitele prostupu tepla U_o pro každou dimenzi jen za nejnepříznivějšího stavu. Při jednotlivých stavech by se tloušťky lišily pouze o pár milimetrů.

16 TECHNICKÁ ZPRÁVA

16.1 ÚVOD

16.1.1 UMÍSTĚNÍ A POPIS OBJEKTU

V projektu je řešeno vytápění dvoupodlažní mateřské školy ve Velkých Němčicích. V mateřské škole jsou navrženy 3 třídy s kapacitou 28 dětí. Objekt je umístěn na rovinném terénu a hlavní vstup je řešen z východní strany.

Zastavěná plocha objektu činí 458,89 m². Podlahová plocha činí 775,13 m². Nejvyšší místo objektu je ve výšce 8,985 m.

16.1.2 POPIS OBJEKTU

V prvním podlaží se nachází jedna třída pro děti, na kterou navazuje šatna, umývárna a sklady. Dále jsou zde umístěny prostory pro zaměstnance mateřské školy, technická místnost a přípravná jídelna. Ve druhém patře se nachází 2 třídy, na které opět navazují sklady, šatny a umývárny.

16.1.3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ OBJEKTU

Svislá obvodová nosná a vnitřní nosné zdivo v přízemí z broušených cihelných bloků 497x115x249 a 497x140x249 mm na maltu pro tenké spáry. Příčkové zdivo broušených cihelných bloků 497x115x249 a 497x140x249 mm na maltu pro tenké spáry. Vodorovná nosná stropní konstrukce bude z předpjatých dutinových panelů se záhlavím, tl. 250 mm, uloženy na žb věnec výšce 250 mm. V místě schodiště bude jednostranně vyztužená deska tl. 150 mm, uložena na nosných zdích. Objekt je zateplen kontaktním zateplovacím systémem ETICS z čedičové vlny tl. 160 mm. Sokl je opatřen tepelně izolačními deskami EPS s nízkou nasákavostí tl. 140 mm. Objekt je zastřešen plochou jednoplášťovou střechou. Po obvodu všech staveb je proveden chodník ze zámkové dlažby. Zpevněné plochy tvoří zámková dlažba na podkladu s podsypem. Vnější výplně otvorů oken jsou dřevohliníkové a dveře hliníkové, vnitřní dveře jsou dřevěné. Vnitřní jednovrstvé vápenocementové omítky budou nanášeny strojně. Nášlapné vrstvy podlah jsou dle účelu místnosti tvořeny keramickou dlažbou a korkovými dlaždicemi. Na objektu je použita fasádní omítka bílé barvy a sokl s atikou z tmavě hnědé barvy.

16.1.4 PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ PROJEKTU

Podklady pro zpracování projektu byly stavební výkresy.

16.1.5 ROZSAH PROJEKTU

Projekt řeší:

- návrh otopné soustavy ve stupni dokumentace pro stavební povolení ve dvou variantách (otopná soustava s otopnými tělesy, podlahové vytápění)
- návrh přípravy otopné vody pro ohřev TV
- návrh přípravy otopné vody pro ohřev vzduchu

Jako zdroj tepla je použito v obou variantách tepelné čerpadlo od firmy Dimplex. V první variantě konkrétně tepelné čerpadlo Dimplex LA 60TUR+. Pro druhou variantu jsou použita 2 tepelná čerpadla Dimplex LA 40TU. Pro obě varianty jsou navrženy z kombinovaného R+S 4 větvě. Dvě větve jsou pro vytápění objektu přes otopná tělesa či podlahové vytápění. Pro otopná tělesa je teplotní spád 45/35 °C. Pro podlahové vytápění je kvůli dodržení dotykových teplot podlahy použitý nižší spád 42/36 °C. Další větev je pro otopnou vodu, která připravuje TV. Ta pracuje s teplotním spádem 50/35 °C. Poslední větví je příprava otopné vody pro ohříváč VZT. Na střeše je osazena jednotka se zpětným získáváním tepla, která předejde ohřevu vzduchu. V jednotce ZZT je pak umístění vodní ohříváč, který ohřívá vzduch na požadovanou teplotu 20 °C. Tato větev pracuje s teplotním spádem 50/40 °C.

16.2 TEPELNÉ ZTRÁTY A SPOTŘEBA TEPLA

16.2.1 KLIMATICKÉ PODMÍNKY MÍSTA STAVBY A PROVOZNÍ PODMÍNKY

Objekt mateřské školy se nachází ve Velkých Němčicích, které se nachází v okrese Břeclav. Tudíž hodnoty klimatických podmínek byly brány pro tuto obec. Ve výpočtech jsou uvažovány tyto hodnoty:

Lokalita:	Břeclav
Nadmořská výška:	180,230 m.n.m.
Návrhová teplota vnějšího vzduchu v zimním období:	-12 °C
Návrhová teplota zeminy přilehlé ke stavebním konstrukcím:	5 °C
Roční průměrná teplota	5,2 °C
Návrhová relativní vlhkost vnějšího vzduchu:	84 %
Počet dnů v otopném období:	253 dnů
Intenzita výměny vzduchu:	$n_{50} = 1$ (nucené se ZZT)

16.2.2 VNITŘNÍ TEPLoty

Místnost	t_i [°C]
Technická místnost	15
Chodby, schodiště, sklady	18
WC, šatny, přípravná jídla, předsíně	20
Lehárny a hlavní místnosti	22
Umývárny	24

16.2.3 PŘEHLED TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ KONSTRUKCÍ

OZN.	NÁZEV KONSTRUKCE	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA		
		Hodnota posuzované konstrukce	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy	
		U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{pas,20} (horní mez) [W.m ⁻² .K ⁻¹]	
				POSOUZENÍ
PDL1	Podlaha na terénu - mokřý provoz	0,211	0,22	VYHOVÍ
PDL2	Podlaha na terénu - suchý provoz	0,211	0,22	VYHOVÍ
PDL3	Podlaha na terénu - učebny	0,207	0,22	VYHOVÍ
STR1	Stropní konstrukce - mokřý provoz	0,396	-	NEDEF.
STR2	Stropní konstrukce - suchý provoz	0,395	-	NEDEF.
STR3	Stropní konstrukce - učebny	0,382	-	NEDEF.
SCH1	Jednoplášťová plochá střecha	0,142	0,15	VYHOVÍ
SN1	Vnitřní nenosná konstrukce 115 mm	1,385	-	NEDEF.
SN2	Vnitřní nosná konstrukce 300 mm	0,585	-	NEDEF.
SN3	Vnitřní nenosná konstrukce 140 mm	1,253	-	NEDEF.
SO1	Obvodová nosná konstrukce 300 mm	0,168	0,18	VYHOVÍ
DO1	Vchodové dveře - 1000 x 2600 mm	0,823	0,90	VYHOVÍ
D02	Vchodové dveře - 2000 x 2600 mm	0,708	0,90	VYHOVÍ
OD1	Okenní otvor 2000 x 2500 mm	0,652	0,80	VYHOVÍ
OD2	Okenní otvor 1000 x 500 mm	0,985	0,80	NEVYHOVÍ
OD3	Okenní otvor 1000 x 1500 mm	0,781	0,80	VYHOVÍ
OD4	Okenní otvor 1500 x 500 mm	0,942	0,80	NEVYHOVÍ
OD5	Okenní otvor 1500 x 1500 mm	0,727	0,80	VYHOVÍ
OD6	Okenní otvor 2000 x 700 mm	0,743	0,80	VYHOVÍ
DN1	Vnitřní dveře 1700 x 2020 mm	1,700	-	NEDEF.
DN2	Vnitřní dveře 1000 x 2020 mm	1,700	-	NEDEF.
DN3	Vnitřní dveře 900 x 2020 mm	1,700	-	NEDEF.
DN4	Vnitřní dveře 800 x 2020 mm	1,700	-	NEDEF.
DN5	Vnitřní okno 1000 x 1200 (výdej obědů)	1,700	-	NEDEF.

16.2.4 TEPELNÉ ZTRÁTY BUDOVY

Celková tepelná ztráta dle ČSN EN 12831 činí 17,38 kW. Z toho tepelná ztráta prostupem je 11,04 kW a tepelná ztráta větráním činí 5,94 kW.

16.2.5 POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ, VZT A OHŘEV TV

Potřebný výkon pro variantu s otopnými tělesy činí 18,2 kW. Pro variantu číslo 2, kde je použité převážně podlahové vytápění je potřebný výkon 21,9 kW.

Roční potřeba tepla pro vytápění činí 37,2 MWh/rok, pro ohřev TV 20,9 MWh/rok a pro jednotku VZT 24,43 MWh/rok. Celková přepokládaná potřeba tepla činí 82,5 MWh/rok.

16.3 ZDROJ TEPLA

16.3.1 VÝKON PRO ZDROJ TEPLA

Podle normy ČSN EN 15 450 – Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly se pro budovy s vysokou tepelnou kapacitou může uvažovat s těmito koeficienty při výpočtu přípojného výkonu.

Druh spotřeby	Koeficient [-]
Vytápění	0,9
VZT	1,0
TV	1,0

Přípojný výkon P [kW] pro variantu 1:

$$P = 0,9 \cdot Q_{VYT} + Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,9 \cdot 18,5 + 27,4 + 7,1 = 51,15 \text{ kW}$$

Přípojný výkon p [kW] pro variantu 2:

$$P = 0,9 \cdot Q_{VYT} + Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,9 \cdot 21,9 + 27,4 + 7,1 = 54,21 \text{ kW}$$

16.3.2 TEPELNÁ ČERPADLA

Jelikož se hodnoty potřebných výkonů liší, tak bylo potřeba navrhnout různé zdroje. Pro první variantu bylo navrženo jedno tepelné čerpadlo Dimplex LA 60TUR+. Jako bivalentní zdroj byl navržený elektrokotel BOSCH Tronic Heat 3000 o maximálním výkonu 24 kW. Ten bude umístěný až za akumulární nádrží. Tepelný spád mezi tepelným čerpadlem a akumulární nádrží činí 52/45 °C. Musí být dodržen minimální průtok 5,3 m³/h.

Ve druhé variantě jsou navržena 2 tepelná čerpadla Dimplex LA 40TU. Jedná se o venkovní jednotku. K němu je jako bivalentní zdroj navržen taktéž elektrokotel BOSCH Tronic Heat 3000, ale s maximálním výkonem 15 kW. Elektrokotel opět bude umístěný až za akumulární nádrží na cestě k rozdělovači a sběrači. Tepelný spád mezi tepelným čerpadlem a akumulární nádrží je 52/40 °C. Musí být dodržen minimální průtok 3,0 m³/h.

16.3.3 PROVOZ TEPELNÝCH ČERPADEL

Tepelná čerpadla jsou v obou variantách umístěná ve venkovním prostoru na východní straně. Tato strana je vystavena k parkovišti pro osobní automobily, proto nebude docházet k rušení okolní zástavby. Jelikož se jedná o tepelná čerpadla, která mají pouze 2 stupně (zapnuto/ vypnuto), tak je otopná voda odváděna do akumulární nádrže, aby nedocházelo k nadbytečnému zapínání zdrojů. Z akumulární nádrže je otopná voda odváděna do rozdělovače sběrače. Na cestě mezi rozdělovačem a sběračem a akumulární nádrží je umístěný trojcestný ventil, který případně převede otopnou vodu do elektrokotle, kde se voda dohřeje na požadovanou teplotu.

16.3.3.1 VĚTRÁNÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI

Aby nedošlo k poklesu či překročení přípustných hodnot, bude instalováno v technické místnosti nucené větrání, které bude zajišťovat jednotka ZZT. Ta bude umístěna na střeše objektu.

16.3.3.2 DOPLŇOVÁNÍ VODY

Odplynění a doplňování vody je zajištěno pomocí automatického doplňovacího zařízení Reflex Fillcontrol Plus Comapct. Ten bude napojen na vodovod a zajistí bezpečné oddělení vodovodu od otopné soustavy. Za automatickým doplňováním je umístěna změkčovací nádoba Reflex Fillsoft, jejíž množství kapacity je kontrolováno pomocí zařízení Reflex Fillmetr. V neposlední řadě je na větvi doplňování vody osazeno externí tlakové čidlo Reflex FE.

16.3.3.3 ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

V technické místnosti budou navrženy stejné zabezpečovací prvky pro obě varianty. Jako první pojistné zařízení je navržena tlaková expanzní nádoba Reflex NG 80/6 o objemu 80 litrů. Ta bude napojena pomocí expanzního potrubí 20x2 PE-RT. Na potrubí bude umístěn uzavírací kohout, který bude zabezpečen proti neúmyslné manipulaci. Dalším zabezpečovacím prvkem je pojistný ventil IVAR.PV.KD DN 15 s otevíracím přetlakem 250 kPa. Navržené pojistné potrubí je 20x2 PE-RT.

16.3.4 OTOPNÁ SOUSTAVA

Vytápění je zajištěno pomocí tepelných čerpadel. Jako bivalentní zdroj je navržen elektrický kotel. Soustava je řešena jako dvoutrubková s nuceným oběhem vody.

16.3.4.1 VARIANTA 1 – OTOPNÁ TĚLESA

Pro objekt byly navrženy 4 větve. Dvě větve jsou použity na vytápění objektu. Tyto dvě větve jsou rozděleny tak, že každá větev je pro jedno patro. Další dvě větve jsou pro ohřev TV a ohřev větracího vzduchu.

Pro rozvody potrubí byly použito plastohliníkové potrubí od firmy Herz. Jejich spojování bude prováděno pomocí lisovaných fitinek. Pro větší rozvody od R+S k akumulární nádrži nebo od akumulární nádrže k tepelným čerpadlům je použito hliníkové potrubí, které je pájeno natvrdo.

V objektu budou použita desková otopná tělesa RADIK VKM8 se spodním středovým připojením, trubková otopná tělesa KORALUX LINEAR MAX M taktéž se spodním středovým připojením a otopné lavice KORALINE LD s dřevěnou krycí deskou. Tato dřevěná deska musí mít zaoblené rohy, aby se zamezilo vážným úrazům.

Použitý tepelný spád pro vytápění objektu je 45/35 °C. Směšování bude pomocí trojcestného ventilu s pohonem.

Potrubí k otopným tělesům jsou vedena ve vrstvě tepelné izolace.

16.3.4.2 VARIANTA 2 – PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Pro objekt byly navrženy 4 větve. Dvě větve jsou použity na vytápění objektu. Tyto dvě větve jsou rozděleny tak, že každá větev je pro jedno patro. Další dvě větve jsou pro ohřev TV a ohřev větracího vzduchu.

Potrubí je vedeno v roznášecí vrstvě. Potrubí, které nebude mít účel vytápět, bude umístěno v chrániče. Zároveň musí být umístěno do chráničky v místech, kde by mohlo dojít k jejímu poškození. Potrubí jsou napojena do rozdělovačů a sběračů pro podlahové vytápění Herz. Do těchto R+S budou napojeny i trubková otopná tělesa.

Jelikož v umývárkách nebylo možné vytopit místnost pouze pomocí podlahového vytápění, tak byla navržena trubková otopná tělesa KORATHERM AQUAPANEL.

Teplotní spád pro podlahové vytápění je zvolen 42/36 °C.

16.3.4.3 OBECNĚ PRO OBĚ VARIANTY

V některých místech se nachází dlouhé rovinné úseky, které musely být doplněny o úskoky, aby byla dodržena kompenzace délkových změn.

Pro ohřev vzduchu byl zvolen tepelný spád 50/40 °C. Ohříváč VBR 100-50-2 bude napojen na rozdělovač a sběrač pomocí potrubí 40x3,5 PE-RT, které bude tepelně izolováno. Regulace výkonu bude řešena pomocí trojcestného ventilu. V případě, že nebude potřebná otopná voda do ohříváče, tak je navržený zkrat v blízkosti

ohříváče, kudy bude proudit otopná voda, aby byla v době potřeby okamžitě k použití. Na zkratu je umístěný regulátor průtoku, který je nastaven na 10% průtok, aby v době odstavy otopné vody od ohříváče neproudila vysoká teplota vratné vody zpět do R+S ve velkém množství.

Ohřev teplé vody je řešen pomocí nepřímotopného zásobníkového ohříváče OKC 500 NTR/HP o objemu 469 litrů. Jeho teplotní spád je 50/35 °C. V ohříváči bude nainstalovaná topná jednotka REU 18-2,5, která bude umístěna v jeho horní části, aby teplou vodu dohřívala na 55 °C. Ohříváč je tak uzpůsobený, aby nedocházelo k mísení teplé a studené vody.

16.3.4.4 OBĚHOVÁ ČERPADLA

Návrh čerpadel byl proveden podle internetové aplikace na stránkách GRUNDFOS. Oběhová čerpadla jsou navržena pro obě varianty zvlášť. Jejich výčet je vypsán ve výkresu schématického zapojení zdroje tepla.

16.3.4.5 ARMATURY A ZAŘÍZENÍ

Expanzní nádoba pro obě varianty	Reflex NG 80/6 o objemu 80 l
Pojistný ventil pro obě varianty	IVAR.PV.KD. DN15, otevírací přetlak 250 kPa
Vyvažovací ventily	STRÖMAX-GM,
Rozdělovač a sběrač	ETL modul 120
Akumulační nádrž	Regulus PS 1100 E, o objemu 1038 l
Trojcestný směšovací ventil 6x (obě var.)	ESBE VRG 130
Podlahový rozdělovač a sběrač 5x	Herz
Kulový kohout	Herz „MODUL“
Trojcestný přepínací ventil	ESBE VRG 231
Zónový regulační ventil	Caleffi

Podrobnější popis zařízení či armatur a jejich nastavení je popsán ve výkresech či v projektu. Expanzní nádobu pro ohřev TV je potřeba navrhnout dle výpočtů profese ZTI.

16.3.5 OTOPNÉ PLOCHY

16.3.5.1.1 OTOPNÁ TĚLESA

Všechna otopná tělesa, která jsou v projektu použita jsou od firmy KORADO. Použití jednotlivých otopných těles a jejich rozměrů je uvedeno ve výkresech.

Pro desková otopná tělesa RADIK VKM8 se středovým spodním připojením je použito rohové regulační a uzavírací šroubení VEKOLUXIVAR pro dvoutrubkový systém. Tudíž trubka nebude vedena přímo z podlahy. Na otopných tělesech je osazen termostatický ventil s termostatickou hlavicí. Těleso je rovněž opatřeno odvodušňovacím ventilem.

Trubková otopná tělesa KORALUX LINEAR MAX M i KORATHERM AQUAPANEL jsou na potrubí napojena pomocí armatury HM, ve které je osazený termostatický ventil i s termostatickou hlavicí.

Otopné lavice KORALINE LD s dřevěnou krycí deskou jsou na potrubí napojeny pomocí přímého dvojitého regulačního šroubení VEKOLUXIVAR. V otopné lavici je osazen taktéž axiální termostatický ventil, prodlužovací kus či odvodušňovací ventil. Na otopných lavicích, které nebudou ve třídách, jsou osazeny i termostatické hlavice. Kvůli bezpečnosti jsou ve třídách navrženy otopné lavice bez termostatických hlavic, aby nedocházelo ke změnám nastavení od dětí. Proto je na otopné větvi před třídami umístěný regulační zónový ventil s termoelektrickým pohonem. Ten bude ovládán termostatem, který se bude nacházet ve třídách a bude hlídat teplotu v místnosti. Zároveň desky na otopných lavicích budou mít zaoblené rohy, aby se předešlo úrazům dětí.

Veškerá nastavení jednotlivých armatur jsou popsána ve výkresech.

16.3.5.2 PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Ve druhé variantě je navrženo podlahové vytápění, které je doplněno o trubková otopná tělesa KORATHERM AQUAPANEL. Jako potrubí pro rozvody podlahového vytápění jsou použity plastohliníkové trubky v dimenzích 16x2 mm nebo 18x2 mm. Rozdělovače a sběrače pro podlahové vytápění budou vždy umístěny ve skříni (ve stěně). Potrubí bude vedeno v roznášecí vrstvě. A to konkrétně v anhydritovém potěru s tepelnou vodivostí 1,2 W/m².K. Bude uloženo na izolační desce pro podlahové vytápění a kotveno pomocí spon. Podél stěn vždy bude umístěný dilatační pásek. Ve výkresech jsou popsány jednotlivé rozteče potrubí a i místa, kde je potrubí zhuštěno. Většinou je zhuštění provedeno u okenních otvorů, které sahají až k podlaze, aby bylo zabráněno chladným proudům. Potrubí je navrženo ve většině případech do meandru. V kritických místech a místech, která jsou označena ve výkresech bude potrubí vedeno v chráničkách. Teplotní spád podlahového vytápění je zvolen 42/36 °C.

Na podlahové rozdělovače a sběrače jsou napojeny i trubková otopná tělesa KORATHERM AQUAPANEL. Jeho potrubí je taktéž plastohliníkové. Nastavení HM armatury je popsáno ve výkresech.

Aby soustava mohla fungovat, musely být jednotlivé rozdělovače a sběrače vyregulovány a jednotlivé větve nastaveny na určité otáčky. Jejich nastavení je popsáno ve výkresech.

16.3.6 PLNĚNÍ A VYPOUŠTĚNÍ SOUSTAVY

Soustava bude plněna z vodovodního řádu přes armatury, které budou hlídat správné složení vody, aby v potrubí nevznikaly sedimenty nebo nedocházelo ke korozi hliníkového potrubí. Vypouštění soustavy je řešeno přes vypouštěcí kohouty, či některé armatury s možností vypouštění. Odvzdušnění soustavy bude v nejvyšších místech.

16.3.7 TEPELNÉ IZOALCE

Izolace potrubí je navržena v souladu s vyhláškou č. 193/2007. Pro potrubí umístěné ve vrstvě tepelné izolace může být použita tepelná izolace poloviční tloušťky, než je určeno vyhláškou. Tepelnou izolací musí být opatřeny veškerá potrubí musí být izolována, aby nedocházelo k úniku tepla.

POTRUBÍ VEDENÉ PODÉL STĚN A POD STROPĚM						
Materiál	Rozměr potrubí	Navržená izolace	Tl. izolace	Vypočtené U _o	Požadované U _o	Posouzení
	[mm]		[mm]	[W/m.K]	[W/m.K]	
PE-RT	14x2	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	25	0,137	0,15	VYHOVUJE
PE-RT	16x2	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	25	0,147	0,15	VYHOVUJE
PE-RT	18x2	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	30	0,144	0,15	VYHOVUJE
PE-RT	20x2	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	40	0,134	0,15	VYHOVUJE
PE-RT	26x3	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	30	0,175	0,18	VYHOVUJE
PE-RT	32x3	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	40	0,171	0,18	VYHOVUJE
PE-RT	40x3,5	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	50	0,172	0,18	VYHOVUJE
Cu	54x2	ROCKWOOL-PIPO/PIPO ALS	40	0,236	0,27	VYHOVUJE
POTRUBÍ VEDENÉ V PODLAZE (VE VRSTVĚ TEPELNÉ IZOLACE (v tomto případě může být tloušťka tep. izolace potrubí snížena na polovinu)						
PE-RT	14x2	MIRELON PRO	6	0,274	0,3	VYHOVUJE
PE-RT	16x2	MIRELON PRO	9	0,259	0,3	VYHOVUJE
PE-RT	18x2	MIRELON PRO	9	0,28	0,3	VYHOVUJE
PE-RT	20x2	MIRELON PRO	13	0,257	0,3	VYHOVUJE
PE-RT	26x3	MIRELON PRO	9	0,359	0,36	VYHOVUJE

VENKOVNÍ POTRUBÍ PRO OHŘÍVAČ VZT						
PE-RT	40x3,5	ROCKWOOL-FLEXOROCK	60	0,15	0,18	VYHOVUJE

16.3.8 REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY

K měření teploty a tlaku budou použity teploměry a manometry osazené na potrubí v technické místnosti.

Regulace výkonu jednotlivých větví bude řízeno pomocí trojcestných ventilů, které budou regulovány ekvitermně na základě venkovní teploty. Směšovací ventily míchají otopnou vodu na požadovanou teplotu.

16.4 POŽADAVKY NA DALŠÍ PROFESE

16.4.1 STAVEBNÍ PRÁCE

Je potřeba zajistit konstrukce podlah tak, aby bylo možné vedení potrubí. Dále, aby byly zajištěné prostupy pro vedení rozvodů uvnitř objektu, ale i v základových pásech. Dále je potřeba, aby byly ve variantě s podlahovým vytápěním zajištěny kapsy pro podlahové R+S. Stavební profese zajistí, aby tepelně technické vlastnosti konstrukcí, které jsou uvedeny v projektu, byly dodrženy. Po osazené potrubí bude také potřeba instalace podhledů.

16.4.2 ELEKTROINSTALACE

Pro napojení tepelného čerpadla a oběhového čerpadla je nutné zařídit elektrický přívod ukončený zásuvkami s 400V/50Hz, který bude samostatně jištěný. Dále je nutné zajistit elektrický přívod ukončený zásuvkami pro ostatní zařízení v technické místnosti.

16.4.3 ZDRAVOTECHNIKA

V technické místnosti je umístěna podlahová vpust se zápachovou uzávěrou. Dále je potřeba zřídit napojení zásobníkového ohříváče, studené vody na ohříváč, rozvody teplé vody z ohříváče do místností a návrh cirkulačního potrubí. Na straně studené vody do ohříváče je nutné navrhnout pojistnou skupinu. Do technické místnosti také bude přiváděna studená voda pro doplňování soustavy. V neposlední řadě je nutné navrhnout odvod kondenzátu z tepelných čerpadel.

16.4.4 VZDUCHOTECHNIKA

Potřeba zajistit výměnu vzduchu v místnostech podle požadavku. Zároveň zajistit, aby teploty v technické místnosti nepřekročily limitní teploty. Maximální přípustná teplota je 35 °C. A minimální teplota v technické místnosti by neměla klesnout pod 7 °C.

16.4.5 MĚŘENÍ A REGULACE

Zajištění řídicích jednotek tepelného čerpadla, oběhových čerpadel, trojcestných ventilů, uzavíracích ventilů a čidel. Také je potřeba zařídit nastavení elektrotermického pohonu s termostaty v jednotlivých místnostech.

16.5 ZKOUŠKY A ZAŘÍZENÍ

Problematiku zkoušek ústředního vytápění řeší osmá kapitola ČSN 06 0310 „Ústřední vytápění – Projektování a montáž“, vydaná v roce 1997 s platností od 1. 1. 1998. ČSN 06 0310 „Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž“ ze září 2006 platí pro projektování a montáž tepelných soustav, které používají jako teplotonosnou látku vodu, vodní roztoky nebo vodní páru. Instalaci a uvedení do provozu provede osoba s patřičnou kvalifikací.

Na otopné soustavě se provádí tyto zkoušky:

- ♦ zkouška těsnosti (tlaková)
- ♦ zkouška provozní (topná a dilatační)

Provozní zkoušku lze provádět pouze po úspěšně vykonané zkoušce těsnosti.

ZKOUŠKA TĚSNOSTI

- ♦ Zkoušky těsnosti se provede před zazděním drážek, zakrytím kanálů a ještě před provedením nátěrů a izolací.
- ♦ Zkouška těsnosti (tlaková zkouška) bude provedena na dokončeném potrubním úseku po uzavření všech volných konců vedení.
- ♦ Horizontální otopné soustavy se zkouší před montáží příček daného podlaží.
- ♦ Zkušební přetlak se volí pro ocelové potrubí 0,9 MPa, pro potrubí z jiných materiálů jej určí dodavatel potrubí.
- ♦ Zkouška se provádí vodou na nejvyšší dovolený přetlak určený v projektu pro danou část zařízení. Soustava se naplní vodou, řádně se

odvzdušní a celé zařízení (všechny spoje, otopná tělesa, armatury atd.) se prohlédne, přičemž se nesmějí projevat viditelné netěsnosti.

- ♦ Voda ke zkoušce těsnosti nesmí být teplejší než 50 °C.
- ♦ Kontrola tlaku při zkoušení bude prováděna měřidly tlaku, jejichž měřící rozsah odpovídá měřeným tlakům. Používá se tlakoměr třídy přesnosti 0,6 % v rozsahu takovém, aby předpokládaný měřený tlak byl ve 2/3 rozsahu stupnice tlakoměru.
- ♦ Zkoušky se provádějí za účasti zástupce investora a musí být potvrzeny protokolem o zkoušce.

Před uvedením do provozu musí být každé zařízení propláchnuto. Propláchnutí se provádí při demontovaných škrtkách, měřících spotřebovaného tepla a dalších zařízení, u kterých by shromážděné nečistoty mohly vést k jejich poškození. Seřizovací armatury na větvích a stoupačkách a armatury na otopných tělesech se doporučuje nastavit při proplachování na minimální hydraulický odpor. Propláchnutí se provádí při 24hodinovém provozu oběhových čerpadel. Na všech k tomu určených místech (vypouštění, filtry, odkalovací nádoby apod.) je nutno pravidelně odkalovat až do úplně čistého stavu. Před uvedením do provozu se musí zabudovat demontované prvky, provést nastavení seřizovacích armatur a armatur na otopných tělesech a naplnit zařízení vodou. [ČSN 06 0310, 2006, čl. 134]

PROVOZNÍ ZKOUŠKY

DILATAČNÍ ZKOUŠKA

Provádí se před zazděním drážek, zakrytím kanálů a provedením tepelných izolací. Při této zkoušce se teplotně odolná látka ohřeje na nejvyšší pracovní teplotu a pak se nechá vychladnout na teplotu okolního vzduchu. Poté se tento postup ještě jednou opakuje. Zjistí-li se pak po podrobné prohlídce netěsnosti zařízení, popř. jiné závady, je nutno zkoušku po provedení opravy opakovat. Tuto zkoušku je možno provést v každé roční době. Výsledek zkoušky se zapisuje do stavebního deníku nebo se provede samostatný zápis. Zkouška se provádí za účasti zástupce investora. Možnost upuštění od této zkoušky musí být písemně dohodnuta mezi dodavatelem a odběratelem.

PŘÍPRAVNÉ PRÁCE PŘED TOPNOU ZKOUŠKOU

Před topnou zkouškou potvrdí odpovědný zástupce dodavatele tepla v průběhu přejímacího řízení provádějící odborné firmě či investorovi svůj souhlas s připojením zařízení na tepelnou síť. Zároveň provede ověření následujících dokladů a skutečností:

- ♦ protokolu o tlakové zkoušce připojovaného zařízení

- ♦ protokolu o kontrole funkce výstražného systému u předizolovaného potrubí
- ♦ prohlášení o shodě na použité materiály a komponenty
- ♦ protokolů o kontrole jakosti svarových spojů
- ♦ revizní knihy tlakových nádob
- ♦ revizních zpráv elektro zařízení a MaR
- ♦ kontroly stavu a úplnosti měření tepla včetně případného připojení na elektrickou síť a měření
- ♦ kontroly stavu tepelných izolací
- ♦ komplexnosti značení potrubí a zařízení.

TOPNÁ ZKOUŠKA

U soustav do 100 kW se smí topná zkouška provádět i mimo otopnou sezónu. Má trvat nejméně 24 hodin. Součástí topné zkoušky je seřízení soustavy, projeví-li se tato potřeba v průběhu topné zkoušky. Během topné zkoušky se zaškolí obsluha zařízení, o čemž se provede záznam. Topné zkoušky se provádějí za účasti zástupce investora, uživatele, dodavatele a projektanta. Po ukončení topné zkoušky se její výsledek zhodnotí a zapíše se do protokolu.

O všech těchto zkouškách musí být učiněn zápis. Zápis musí obsahovat veškeré údaje dle normy ČSN 06 0310, zejména zda zařízení je těsné a schopné bezpečného provozu.

16.6 BEZPEČNOST A OCHRANA

16.6.1 OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Instalací a provozem nedojde k poškození životního prostředí.

16.6.2 HOSPODAŘENÍ S ODPADY

Při instalaci a provozu zařízení je nutné dbát na dodržování podmínek určených zákonem 185/2001 Sb. o odpadech.

16.6.3 BEZPEČNOST PŘI REALIZACI DÍLA

Zhotovitel je povinen dbát na bezpečnost při realizaci dle zákona 262/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 601/2006 Sb.

16.6.4 BEZPEČNOST PŘI PROVOZU A UŽÍVÁNÍ

Zařízení mohou obsluhovat pouze řádně proškolené osoby, které jsou seznámeny s bezpečnostními a provozními předpisy. Tato osoba se musí řídit technickými pokyny od výrobce.

Technická zařízení pro výstavbu a následný provoz budou zajištěny proti možnému poškození a užití nepovolanou osobou odpovídajícím způsobem. Bezpečnost práce bude zajišťována technickými a organizačními opatřeními. Při provádění montáží je nutno dodržovat příslušné bezpečnostní předpisy. Bezpečnost pracovníků, pracoviště a okolí bude zajištěno technickými a organizačními opatřeními. Technická opatření budou spočívat ve striktním používání osobních ochranných pracovních pomůcek, označení komunikačních prostor pro manipulaci zařízením, prostory s nebezpečím úrazu označit, organizační opatření budou spočívat v náležitém poučení pracovníků na možný výskyt nebezpečí úrazu

Zařízení může být uvedeno do provozu po provedení všech předepsaných zkoušek a revizí. Zařízení musí být pravidelně kontrolováno. O těchto kontrolách budou vedeny záznamy. Veškeré zásahy do zařízení smí provádět pouze proškolené osoby.

16.7 POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY

Projekt je zpracován v souladu s předpisy:

Vyhl. č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Vyhl. č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

Vyhl. č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, se změnami: 343/2009 Sb., 465/2016 Sb.

ČSN 06 0310 (2006) – Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž

ČSN 06 0320 (2006) – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody

ČSN 06 0310 Ústřední vytápění – projektování a montáž

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Navrhované hodnoty veličin

16.8 ZÁVĚR

Dokumentace je zpracována ve stupni pro stavební povolení.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**C. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – TLAKOVÉ ZTRÁTY
LISOVANÝCH FITINEK**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Švanda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

1 ÚVOD DO EXPERIMENTU

Úplným úvodem bych chtěl poděkovat Ing. Marcele Počinkové PhD. a firmě Herz, že tento projekt mohl být zrealizován. Ať už se jedná o pomoc při měření a vypracování experimentu, či výrobkům, na kterých jsem experiment mohl realizovat či konzultaci o výrobě a fungování lisovaných systémů.

Tento experiment se zabývá měřením tlakových ztrát spojovacích kusů neboli fitinek v atypickém uzavřeném okruhu. Tento okruh byl vytvořen za účelem toho, aby vznikly požadované tlakové ztráty, které jsou měřitelné. Proto se v potrubí nachází velké množství spojovacích kusů a odboček. Aby se zde vešlo co nejvíce fitinek, tak jsou navržena krátká rovná potrubí.

Měření bude provedeno pro 2 stejné okruhy, které se liší pouze v použitých spojovacích kusech. Oba typy spojovacích kusů jsou od jednoho výrobce, a to firmy Herz. Jedná se o starší a novější model fitinek, které se liší kvalitou použité mosazi. Obě varianty budou spojovány formou lisování (TH profil).

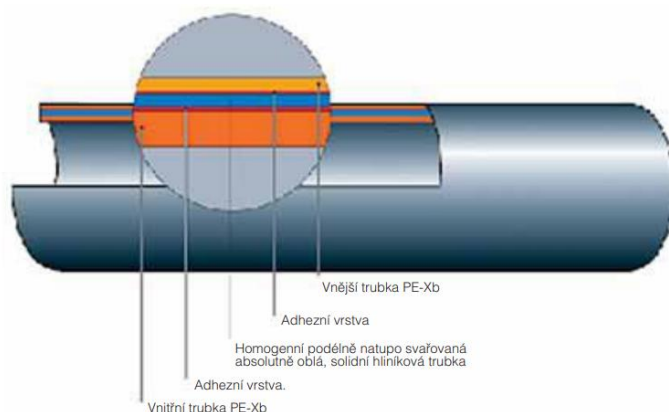
Hlavním cílem této práce je porovnání dvou typů potrubí vůči sobě z hlediska tlakových ztrát. Dalším cílem je zjištění, jak se mění tlakové ztráty s měnícími se vlastnostmi otopné vody (teplota a průtok). V neposlední řadě je potřeba určit, jak velké hodnoty tlakových ztrát vznikají a podle nich určit průměrnou hodnotu součinitele místního odporu $\xi [-]$ pro jednotlivé okruhy za různých podmínek. Tyto hodnoty poté budou porovnány s hodnotou součinitele místního odporu od výrobce.

1.1 SYSTÉM LISOVÁNÍ

V úplném úvodu bude v této práci krátce popsáno, jak systém lisování funguje, co je k lisování potřeba, a jak zjistit, že je potrubí zalisováno správně.

1.1.1 POTRUBÍ

Potrubí použité v tomto experimentu je plastohliníkové. Konkrétně se jedná o kompozitní trubky, které jsou však složeny z 5 vrstev. Vnitřní a vnější povrch je tvořen z polyethylenu. Vnitřní vrstva je tvořena hliníkem. Mezi těmito vrstvami se nachází vrstva adhezní. Hliníková vrstva způsobuje stabilitu a zajišťuje 100% nepropustnost trubky pro kyslík. Toto potrubí například při použití v podlahovém vytápění drží lépe tvar a klade menší odpor oproti plastovému potrubí bez hliníkové vrstvy.



Obrázek 81 - Složení trubky PE-RT/AL/PE-RT

1.1.2 POMŮCKY PRO PŘÍPRAVU A ZALISOVÁNÍ TVAROVKY

1.1.2.1 ŘEZÁKY A NŮŽKY

Než začneme vůbec s lisováním, musíme si zkrátit potrubí na požadovanou délku. A to provedeme řezákem, který je přímo určen na potrubí. Nebo u menších dimenzí můžeme použít nůžky, u kterých pootočením nedojde k deformaci trubky.



Obrázek 83 - Řezák na potrubí [57]



Obrázek 82 - Nůžky na potrubí [58]

1.1.2.2 KALIBRÁTOR S VÝSUVNÝM TRNEM

U menších dimenzí, než je 32 mm není nutné kalibrovat potrubí po jeho zkrácení. Ale pokud se jedná o větší dimenzi, tak se v těchto případech používá kalibrátor s výsuvným trnem, který se vsune do potrubí a párkrát se s ním pootočí, aby potrubí mělo požadovaný kruhový tvar a zbavilo se špon. Trn se při kalibraci ještě vysune a rozšíří se jím trubka.



Obrázek 84 - Kalibrátor s výsuvným trnem

1.1.2.3 NÁBĚH TVAROVKY S O-KROUŽKY

Potrubí je osazeno na mosaznou tvarovku, která obsahuje 2 O-kroužky pro zajištění těsnosti potrubí po zalisování.



Obrázek 85 - O kroužky pro těsnění

1.1.2.4 LISOVACÍ OBJÍMKA S PLASTOVÝM KROUŽKEM

Dalším prvkem je lisovací objímka, která je vytvořena z ušlechtilé oceli. Ta má na okraji náběžnou hranu pro snadné vložení trubky. Dále obsahuje plastový kroužek, který slouží k vycentrování lisovací objímky a usnadnění umístění kleští pro zalisování. Důležitým prvkem jsou na lisovací objímce kontrolní otvory, díky kterým můžeme zjistit, jestli je potrubí dostatečně zasunuté.



Obrázek 86 - Lisovací objímka s plastovým kroužkem

1.1.2.5 LISOVACÍ PŘÍSTROJ S ČELISTMI

Firma Herz používá pro slisování profil TH. Dochází k radiálnímu lisování, což znamená, že dojde k deformaci nerezového pouzdra. Lisovací kleště musí být umístěny přesně, a proto je na lisovací objímce plastový kroužek, který pomáhá ke správnému umístění kleští. Část fitinky s potrubím, která má být zalisovaná se tedy vloží do kleští a po kontrole umístění se začne lisovat. Lisování končí úplným uzavřením kleští.



Obrázek 87 - Kleště pro lisování



Obrázek 88 - Usazení fitinky do kleští

1.1.3 KOMPLETNÍ POSTUP ZALISOVÁNÍ

Potrubí se zkrátí na požadovanou délku pomocí řezáku na trubky. Pokud je větší dimenze než 32 mm, musí se zkalibrovat. Připraví se fitinka doplněná o lisovací objímku s plastovým vodícím kroužkem. Poté se potrubí nasune do tvarovky. Správné zasunutí se zkontroluje v kontrolních otvorech, které jsou vytvořeny v lisovací objímce. Zároveň nesmí dojít ke stržení O-kroužků, které zajišťují těsnost systému. Poté už můžeme zalisovat fitinku. Vezmeme si tedy lisovací kleště, které přiložíme k fitince. Zkontrolujeme, zda plastový vodící kroužek je správně umístěn v kleštích a poté může dojít k zalisování. Správně zalisovaná fitinka by měla mít na lisovací objímce viditelnou konturu. Zda je prvek zalisovaný se v tomto systému zjistí při tlakové zkoušce. Pokud není zalisovaný, začne ze spoje vytékat voda.



Obrázek 89 - Tvar fitinky po zalisování

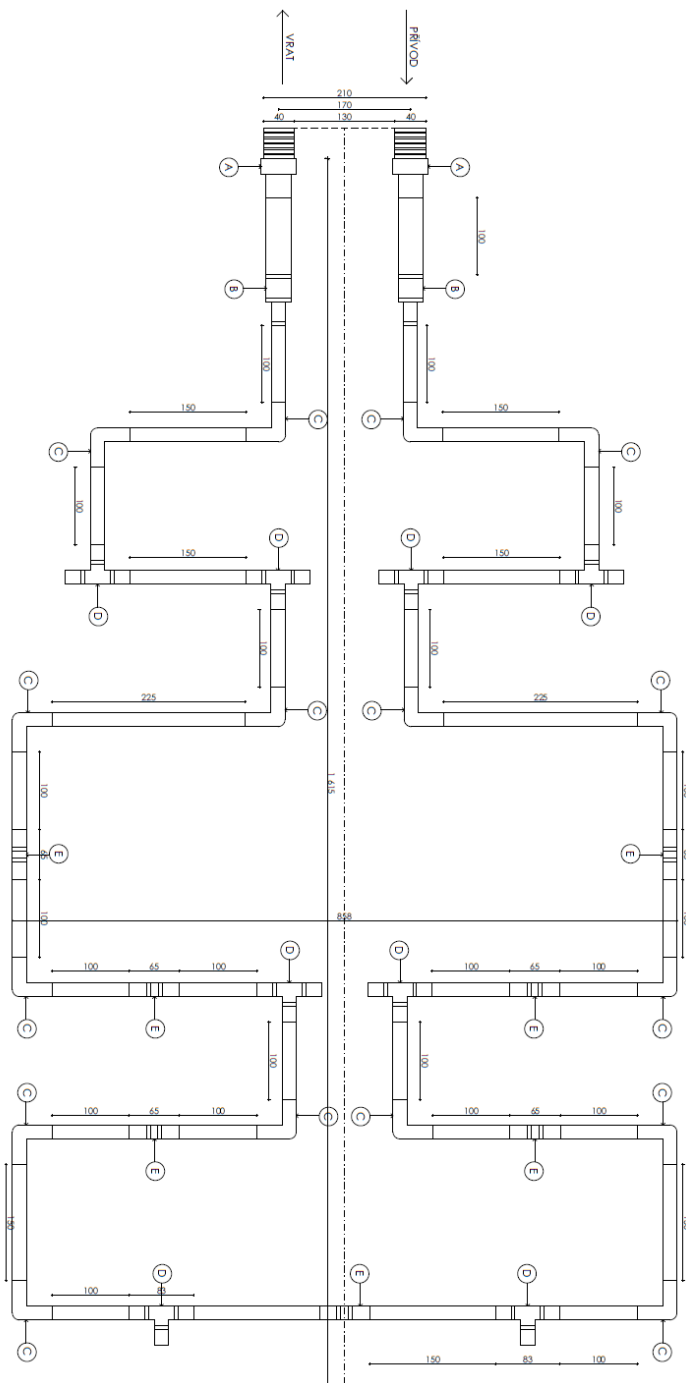
1.2 MÍSTO A PODMÍNKY MĚŘENÍ

Měření bylo prováděno v laboratoři E520 ústavu TZB na fakultě stavební FAST VUT. Každé měření pro určitou teplotu bylo prováděno najednou, aby výsledky nebyly ovlivněny dalšími faktory.

1.3 POPIS MĚŘÍCÍHO OKRUHU A POSTUP MĚŘENÍ

Tento okruh je sestaven celkem z 35 spojovacích kusů. Pro měření je použito PE-RT potrubí o dimenzi 20x2. Pouze pro napojení na závit je použito potrubí PE-RT o dimenzi 32x3. Tento atypický tvar byl vytvořen za účelem vzniku tlakových ztrát, ze kterých vznikne dostatečná tlaková ztráta pro výpočty a porovnání mezi sebou.

1.3.1 SCHÉMA ZAPOJENÍ POTRUBÍ:



LEGENDA PRVKŮ

- (A) SPOJKA S VNITŘNÍM ZÁVITEM 32x3; Rp 1 1/4
- (B) SPOJKA REDUKOVANÁ 32x3; 20x2
- (C) KOLENO 90° - 20x2; 20x2
- (D) T-KUS 20x2; 20x2; 20x2
- (E) SPOJKA 20x2; 20x2

- POČET KUSŮ FITINEK**
- A - 2 KUSY
 - B - 2 KUSY
 - C - 16 KUSŮ
 - D - 8 KUSŮ
 - E - 7 KUSŮ

Obrázek 90 - Schéma modelového potrubí

1.3.2 POSTUP MĚŘENÍ

Okruhy byly rozděleny pro lepší orientaci pomocí názvů na **šedé potrubí** a **modré potrubí**. V šedém potrubí jsou použity starší typy fitinek, které jsou vyráběny z horší kvality mosazi, tudíž je zde větší tloušťka stěny. Název modré potrubí bude v další případech použito pro okruh, ve kterém jsou použity fitinky vyrobené z kvalitnější mosazi.

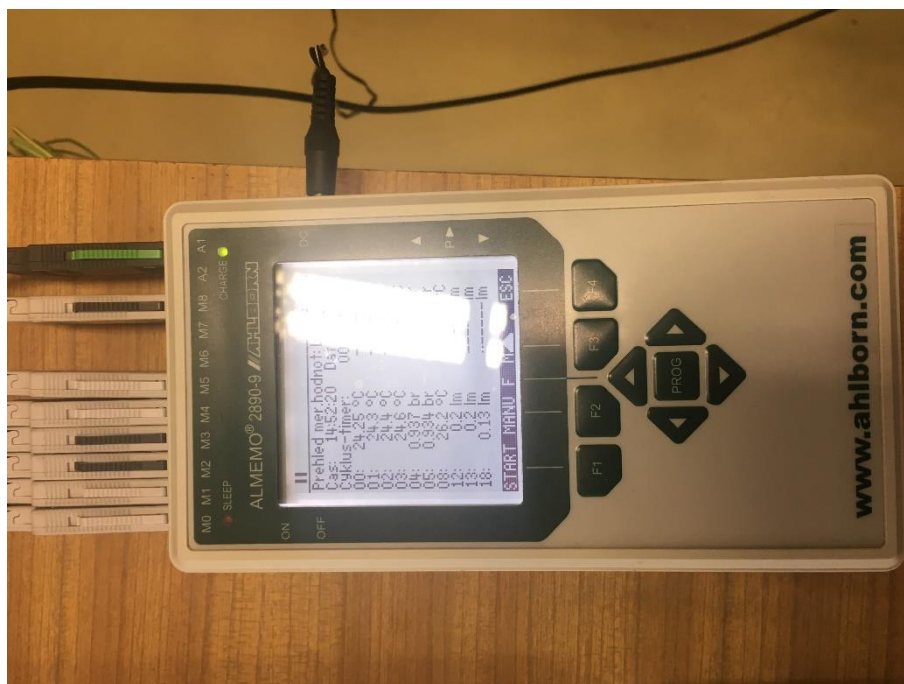
Každé měření pro obě potrubí byla rozdělena podle teplot. První měření bylo provedeno pro teplotu vody přibližující se teplotě okolí. Další 3 měření byly provedena pro teploty 40-45 °C, 50-55 °C a 60-65 °C. Ohřívání vody bylo prováděno pomocí plynového kotle nacházejícího se v laboratoři.

V každém měření pro určitou teplotu otopné vody byl poté měněn průtok od nejmenšího, kterého bylo možné dosáhnout (k získání smysluplného výsledku), až po největší průtok, kterého bylo čerpadlo schopné dosáhnout. Změny průtoku byly prováděny v několika krocích (alespoň 10) a to změnami otáček na čerpadle, či uzavíráním a otevíráním regulačních ventilů na přívodním potrubí.

Jednotlivé hodnoty teplot a průtoků byly zaznamenány pomocí čidel, která byla připevněna na okruh. Dále byl snímán pomocí čidel tlakový rozdíl mezi začátkem a koncem posuzovaného okruhu. Všechny hodnoty byly zaznamenávány do měřicí ústředny a softwaru AMR control.

Tyto hodnoty byly převzaty a zpracovány v softwaru Excel.

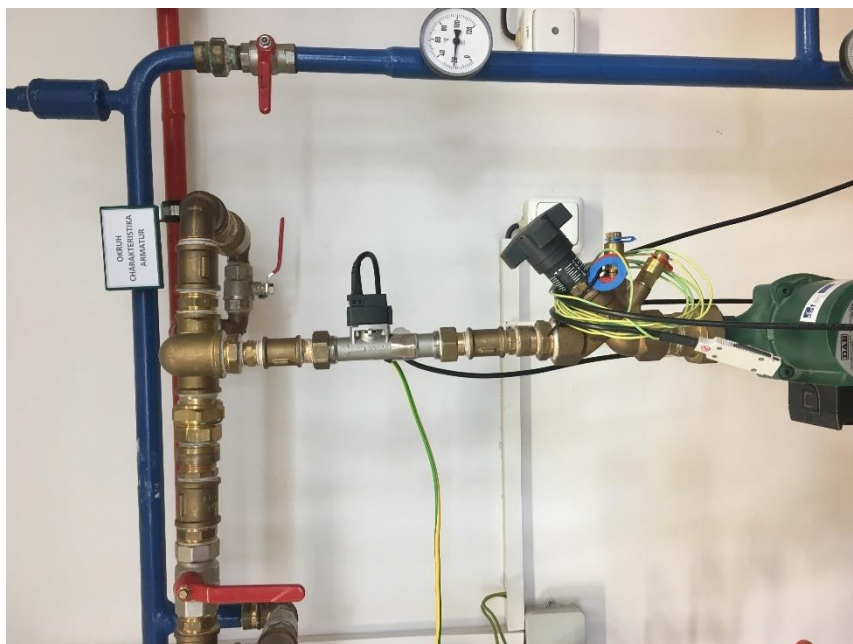
1.3.3 FOTODOKUMENTACE POMŮCEK PŘI MĚŘENÍ



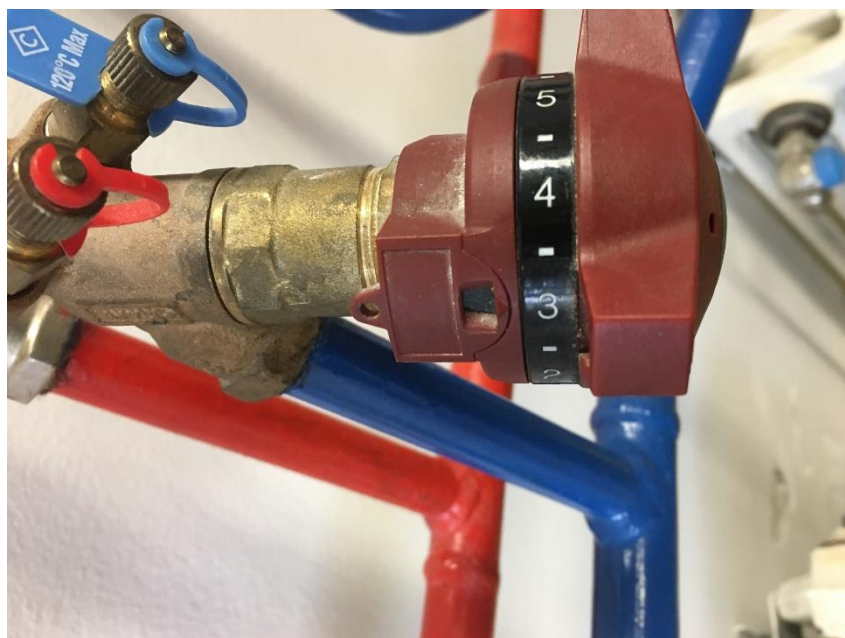
Obrázek 91 - Ústředna ALMEMO 2890-9



Obrázek 92 - Třístapňové oběhové čerpadlo
DAB



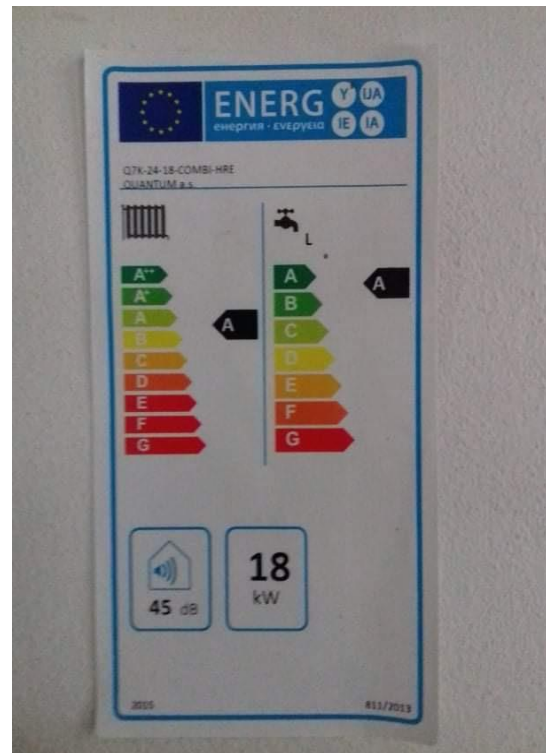
Obrázek 93 - Čidlo pro měření teploty otopné vody



Obrázek 94 - Čidla pro měření tlaku na začátku a konci okruhu



Obrázek 95 - Vyvažovací ventil pro změnu průtoku



Obrázek 96 - Plynový kotel pro ohřev otopné vody na požadovanou teplotu

1.3.4 POUŽITÉ VZTAHY A VELIČINY

Pro zpracování naměřených údajů byly použity tyto vzorce:

Výpočet hustoty otopné vody podle teploty ρ [kg/m³]:

$$\rho = 1000 - (t - 4) \cdot [0,097 + 0,0036 \cdot (t - 4)]$$

Výpočet kinematické viskozity ν [m²/s]:

$$\nu = \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337 \cdot t + 0,000221 \cdot t^2}$$

kde:

t je teplota otopné vody [°C].

Pro výpočet tlakových ztrát rovinných úseků Δp_λ [kPa] byl použit vzorec:

$$\Delta p_\lambda = R \cdot l = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

kde:

R je měrná ztráta třením [Pa/m];

l délka potrubí [m];

w rychlost proudění vody v potrubí [m/s];

d vnitřní profil potrubí [m];

ρ hustota vody [kg/m³];

λ součinitel tření, závislý na Re a dle typu proudění na poměrné drsnosti [-].

Výpočet rovinných ztrát úseků byl proveden pomocí internetové aplikace na webových stránkách tzbinfo.

Pro armatury jako je kulový kohout by byly tlakové ztráty spočítány pomocí součinitele místních odporů ξ . Pomocí tohoto vzorce byl vypočítán součinitel místních odporů ξ pro jednotlivá měření.

Základní vzorec pro výpočet tlakových ztrát místními odpory Δp_ξ [kPa], který byl různě poupravován podle součinitele, který bylo potřeba vypočítat vypadá takto:

$$\Delta p_\xi = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

kde:

ξ je součinitel místních odporů [-].

1.4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

1.4.1 ŠEDÉ POTRUBÍ

Měřený úsek mezi čidly, které zaznamenávají tlakový rozdíl se nachází:

Potrubí PE-RT 20x2 – délka 3764 mm

Potrubí PE-RT 32x3 – délka 200 mm

Potrubí CU 28x1,5 – délka 400 mm
(napojovací část z laboratoře)

Spojovací kusy:

2x spojka s vnitřním závitem

2x spojka redukováná

16x koleno 90°

8x T-kus

7x spojka

2x Kulový kohout DN 25 (napojovací část z laboratoře)



Obrázek 97 - Šedé potrubí foceně v laboratoři

VÝSLEDKY PRO TEPLOTU OTOPNÉ VODY 24 °C

Číslo měření	Tlaková ztráta	Tlaková ztráta	Průtok	Průtok	Teplota	Hustota	Viskozita * 10 ⁻⁶	Rychlost proudění	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 20x2	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 32x3	Tlaková ztráta - rovná část měď 28x1,5	Tlaková ztráta kulového kohoutu DN25	Procentuální tlaková ztráta - rovná část	Tlaková ztráta rovinné části	Ztráty - spojovací kusy	Ztráty - jeden spojovací kus	Součinitel místního odporu		
	Δp [bar]	Δp [Pa]	Q [l/m]	Q [l/h]	T [°C]	ρ [kg/m ³]	ν * 10 ⁻⁶ [m ² /s]	v [m/s]	Δp _{pe20x2} [Pa]	Δp _{pe32x3} [Pa]	Δp _{me28x1,5} [Pa]	Δp _{k025} [Pa]	Δp _r [%]	Δp _r [Pa]	Δp _f [Pa]	Δp _{f1} [Pa]	ζ [-]		
TEPLOTA OTOPNÉ VODY: 24 °C																			
1	0,12	12370	4,08	244,8	24,00	997,24	0,9084	0,3382	488,10	2,50	6,20		4,02	496,80	11873,20	339,23	5,95		
2	0,11	11140	3,83	229,8	24,01	997,24	0,9083	0,3175	439,60	2,00	5,00		4,01	446,60	10693,40	305,53	6,08		
3	0,07	6850	2,95	177,12	24,19	997,19	0,9039	0,2447	267,90	0,90	2,50		3,96	271,30	6578,70	187,96	6,30		
4	0,05	5060	2,51	150,78	24,20	997,19	0,9036	0,2083	197,60	0,70	1,90		3,96	200,20	4859,80	138,85	6,42		
5	0,03	3180	1,95	117,12	24,20	997,19	0,9035	0,1618	94,50	0,50	1,30	Tlaková ztráta kulového kohoutu zanedbána	3,03	96,30	3083,70	88,11	6,75		
6	0,11	11300	3,84	230,16	24,24	997,18	0,9025	0,3180	439,60	2,00	5,10		3,95	446,70	10853,30	310,09	6,15		
7	0,10	9950	3,61	216,54	24,20	997,19	0,9035	0,2992	393,30	1,60	4,10		4,01	399,00	9551,00	272,89	6,12		
8	0,06	6340	2,81	168,48	24,20	997,19	0,9035	0,2328	249,10	0,90	2,50		3,98	252,50	6087,50	173,93	6,44		
9	0,05	5030	2,50	150,12	24,20	997,19	0,9035	0,2074	197,60	0,70	1,50		3,97	199,80	4830,20	138,01	6,43		
10	0,07	6960	2,99	179,64	24,43	997,14	0,8979	0,2482	287,40	0,90	2,50		4,18	290,80	6669,20	190,55	6,20		
11	0,06	6370	2,83	169,98	24,39	997,15	0,8990	0,2348	249,10	0,90	2,50		3,96	252,50	6117,50	174,79	6,36		
12	0,04	4220	2,28	136,56	24,40	997,14	0,8986	0,1887	150,40	0,60	1,50		3,61	152,50	4067,50	116,21	6,55		
13	0,03	3320	1,98	118,8	24,42	997,14	0,8982	0,1641	94,50	0,50	1,30		2,90	96,30	3223,70	92,11	6,86		
													3,81						Průměrná hodnota €: 6,35

VÝSLEDKY PRO TEPLOTU OTOPNÉ VODY 40-45 °C

Číslo měření	Tlaková ztráta	Tlaková ztráta	Průtok	Průtok	Teplota	Hustota	Viskozita * 10 ⁻⁶	Rychlost proudění	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 20x2	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 32x3	Tlaková ztráta - rovná část měď 28x1,5	Tlaková ztráta kulového kohoutu DN25	Procentuální tlaková ztráta - rovná část	Tlaková ztráta rovinné části	Ztráty - spojovací kusy	Ztráty - jeden spojovací kus	Součinitel místního odporu
	Δp [bar]	Δp [Pa]	Q [l/m]	Q [l/h]	T [°C]	ρ [kg/m ³]	ν * 10 ⁻⁶ [m ² /s]	v [m/s]	Δp _{pe20x2} [Pa]	Δp _{pe32x3} [Pa]	Δp _{me28x1,5} [Pa]	Δp _{k25} [Pa]	Δp _r [%]	Δp _r [Pa]	Δp _f [Pa]	Δp _{f1} [Pa]	ζ [-]
1	0,11	11020	4,07	244,08	41,03	991,79	0,6483	0,3372	444,80	2,40	5,80		4,11	453,00	10567,00	301,91	5,35
2	0,09	9320	3,79	227,34	41,77	991,49	0,6413	0,3141	377,50	2,10	5,10		4,13	384,70	8935,30	255,29	5,22
3	0,05	4700	2,83	169,8	42,28	991,29	0,6366	0,2346	224,50	1,20	3,10		4,87	228,80	4471,20	127,75	4,68
4	0,04	4080	2,50	150,18	42,59	991,16	0,6337	0,2075	191,60	0,80	1,70		4,76	194,10	3885,90	111,03	5,20
5	0,02	2420	1,99	119,58	42,85	991,06	0,6312	0,1652	133,10	0,40	1,20		5,57	134,70	2285,30	65,29	4,83
6	0,10	9580	3,81	228,72	43,51	990,80	0,6250	0,3160	396,00	2,10	5,10		4,21	403,20	9176,80	262,19	5,30
7	0,08	8120	3,53	211,56	43,06	990,98	0,6292	0,2923	334,30	1,80	4,50		4,19	340,60	7779,40	222,27	5,25
8	0,05	5130	2,78	166,62	42,83	991,07	0,6314	0,2302	223,90	1,20	2,40		4,43	227,50	4902,50	140,07	5,33
9	0,04	3770	2,36	141,84	42,55	991,18	0,6341	0,1960	176,20	0,60	1,70		4,73	178,50	3591,50	102,61	5,39
10	0,05	5210	2,87	172,08	43,56	990,77	0,6245	0,2377	240,30	1,20	3,10		4,69	244,60	4965,40	141,87	5,07
11	0,04	4410	2,67	160,38	43,90	990,64	0,6214	0,2216	206,40	0,80	2,40		4,75	209,60	4200,40	120,01	4,94
12	0,03	2700	2,15	128,7	43,54	990,78	0,6247	0,1778	146,30	0,60	1,20		5,49	148,10	2551,90	72,91	4,66
13	0,06	5650	3,01	180,42	43,30	990,88	0,6270	0,2493	258,20	1,20	3,10		4,65	262,50	5387,50	153,93	5,00
14	0,06	6230	3,15	189,24	43,26	990,90	0,6274	0,2614	276,40	1,50	3,80		4,52	281,70	5948,30	169,95	5,02
TEPLOTA OTOPNÉ VODY: 40-45 °C													4,65			5,09	
													Průměrná hodnota €:				

VÝSLEDKY PRO TEPLOTU OTOPNÉ VODY 50-55 °C

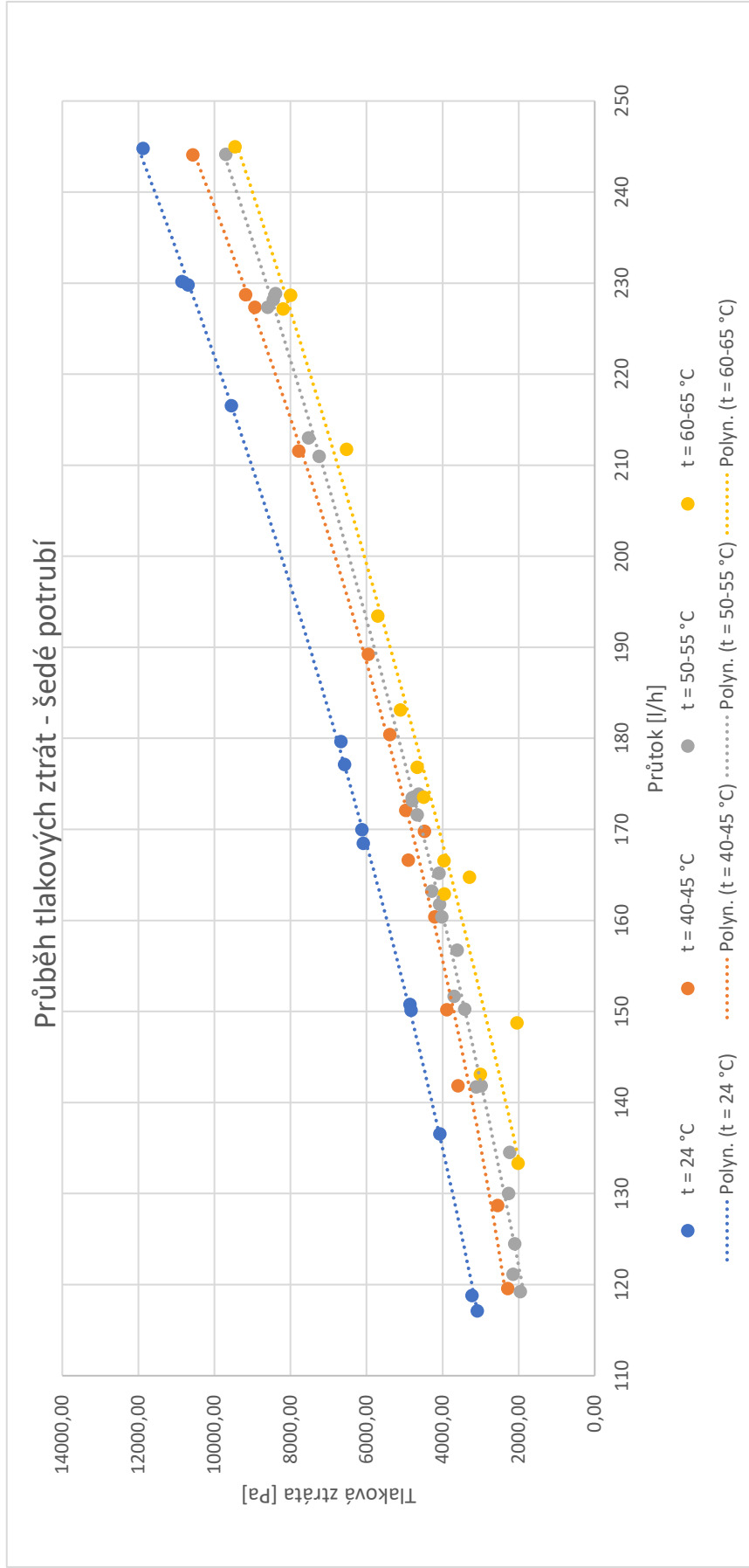
Číslo měření	Tlaková ztráta	Tlaková ztráta	Průtok	Průtok	Teplota	Hustota	Viskozita * 10 ⁶	Rychlost proudění	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 20x2	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 32x3	Tlaková ztráta - rovná část měď 28x1,5	Tlaková ztráta kulového kohoutu DN25	Procentuální tlaková ztráta - rovná část	Tlaková ztráta rovinné části	Ztráty - spojovací kusy	Ztráty - jeden spojovací kus	Součinitel místního odporu		
	Δp [bar]	Δp [Pa]	Q [l/m]	Q [l/h]	T [°C]	ρ [kg/m ³]	ν * 10 ⁻⁶ [m ² /s]	v [m/s]	Δp _{PE20x2} [Pa]	Δp _{PE32x3} [Pa]	Δp _{meď28x1,5} [Pa]	Δp _{KK25} [Pa]	Δp _r [%]	Δp _r [Pa]	Δp _f [Pa]	Δp _{f1} [Pa]	ζ [-]		
TEPLOTA OTOPNÉ VODY: 50-55 °C																			
1	0,04	3600	2,50	150,24	51,51	987,31	0,5442	0,2076	183,10	0,90	2,60		5,18	186,60	3413,40	97,53	4,59		
2	0,02	2070	1,99	119,22	51,31	987,40	0,5458	0,1647	114,70	0,40	1,30		5,62	116,40	1953,60	55,82	4,17		
3	0,09	8960	3,79	227,34	52,04	987,06	0,5401	0,3141	359,60	2,00	4,90		4,09	366,50	8593,50	245,53	5,04		
4	0,08	7850	3,55	213	52,36	986,91	0,5376	0,2943	319,70	1,70	4,20		4,15	325,60	7524,40	214,98	5,03		
5	0,04	4500	2,72	163,2	53,10	986,57	0,5318	0,2255	212,90	1,20	2,60		4,82	216,70	4283,30	122,38	4,88		
6	0,03	3150	2,36	141,84	53,20	986,53	0,5310	0,1960	167,00	0,70	1,90		5,38	169,60	2980,40	85,15	4,50		
7	0,05	4900	2,86	171,6	53,47	986,40	0,5289	0,2371	228,80	1,20	3,10		4,76	233,10	4666,90	133,34	4,81		
8	0,04	4280	2,70	161,76	53,43	986,42	0,5292	0,2235	196,80	0,90	2,60		4,68	200,30	4079,70	116,56	4,73		
9	0,02	2390	2,24	134,52	53,30	986,48	0,5303	0,1858	152,80	0,70	1,90		6,50	155,40	2234,60	63,85	3,75		
10	0,10	10130	4,07	244,14	54,03	986,61	0,5246	0,3373	419,40	2,30	5,50		4,22	427,20	9702,80	277,22	4,94		
11	0,09	8830	3,80	228,18	54,38	985,99	0,5218	0,3152	376,40	2,00	4,90	Tlaková ztráta kulového kohoutu zanedbána	4,34	383,30	8446,70	241,33	4,93		
12	0,05	5030	2,89	173,16	54,50	985,93	0,5209	0,2392	227,80	1,20	3,10		4,61	232,10	4797,90	137,08	4,86		
13	0,04	3880	2,53	151,68	54,40	985,98	0,5217	0,2096	180,80	0,90	2,60		4,75	184,30	3695,70	105,59	4,88		
14	0,02	2230	2,08	124,5	54,27	986,04	0,5227	0,1720	125,60	0,70	1,30		5,72	127,60	2102,40	60,07	4,12		
15	0,05	4860	2,90	173,88	55,79	985,31	0,5108	0,2402	226,50	1,20	3,10		4,75	230,80	4629,20	132,26	4,65		
16	0,04	3810	2,61	156,72	55,48	985,46	0,5133	0,2165	195,00	0,90	2,60		5,21	198,50	3611,50	103,19	4,47		
17	0,02	2270	2,02	121,14	55,21	985,60	0,5154	0,1674	125,00	0,40	1,30		5,58	126,70	2143,30	61,24	4,44		
18	0,09	8770	3,81	228,84	55,29	985,56	0,5147	0,3162	375,00	2,00	4,90		4,35	381,90	8388,10	239,66	4,87		
19	0,08	7570	3,52	210,96	55,02	985,69	0,5168	0,2915	316,10	1,70	4,20		4,25	322,00	7248,00	207,09	4,95		
20	0,04	4310	2,75	165,18	55,04	985,68	0,5167	0,2282	211,10	1,20	2,60		4,99	214,90	4095,10	117,00	4,56		
21	0,03	3280	2,36	141,72	54,96	985,72	0,5173	0,1958	165,70	0,70	1,90		5,13	168,30	3111,70	88,91	4,71		
22	0,05	5030	2,89	173,46	55,00	985,70	0,5170	0,2396	227,30	1,20	3,10		4,60	231,60	4798,40	137,10	4,84		
23	0,04	4220	2,67	160,38	54,92	985,74	0,5176	0,2216	195,50	0,90	2,60		4,72	199,00	4021,00	114,89	4,75		
24	0,02	2400	2,17	130,02	54,70	985,84	0,5193	0,1796	138,30	0,70	1,30		5,85	140,30	2259,70	64,56	4,06		
													4,93						Průměrná hodnota ξ: 4,65

VÝSLEDKY PRO TEPLOTU OTOPNÉ VODY 60-65 °C

Číslo měření	Tlaková ztráta	Tlaková ztráta	Průtok	Průtok	Teplota	Hustota	Viskozita * 10 ⁶	Rychlost proudění	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 20x2	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 32x3	Tlaková ztráta - rovná část měď 28x1,5	Tlaková ztráta kulového kohoutu DN25	Procentuální tlaková ztráta - rovná část	Tlaková ztráta rovinné části	Ztráty - spojovací kusy	Ztráty - jeden spojovací kus	Součinitel místního odporu		
	Δp [bar]	Δp [Pa]	Q [l/m]	Q [l/h]	T [°C]	ρ [kg/m ³]	$\nu * 10^{-6}$ [m ² /s]	v [m/s]	Δp_{pe20x2} [Pa]	Δp_{pe32x3} [Pa]	$\Delta p_{me28x1,5}$ [Pa]	Δp_{kcs} [Pa]	Δp_R [%]	Δp_R [Pa]	Δp_F [Pa]	Δp_{F1} [Pa]	ζ [-]		
TEPLOTA OTOPNÉ VODY: 60-65 °C																			
1	0,10	9870	4,08	244,98	61,53	982,37	0,4676	0,3385	406,00	2,20	5,30		4,19	413,50	9456,50	270,19	4,80		
2	0,09	8540	3,79	227,16	62,93	981,62	0,4580	0,3138	343,20	1,90	4,70		4,10	349,80	8190,20	234,01	4,84		
3	0,05	4890	2,95	176,82	62,18	982,02	0,4632	0,2443	220,10	1,20	3,00		4,59	224,30	4665,70	133,31	4,55		
4	0,03	3500	2,75	164,76	62,91	981,63	0,4582	0,2276	203,70	1,20	2,50		5,93	207,40	3292,60	94,07	3,70		
5	0,02	2220	2,48	148,74	63,86	981,12	0,4517	0,2055	173,20	0,90	2,00		7,93	176,10	2043,90	58,40	2,82		
6	0,08	8360	3,81	228,66	64,16	980,95	0,4497	0,3159	361,00	1,90	4,70	Tlaková ztráta kulového kohoutu zanedbána	4,40	367,60	7992,40	228,35	4,67		
7	0,07	6840	3,53	211,74	60,95	982,69	0,4715	0,2925	307,90	1,60	4,10		4,58	313,60	6526,40	186,47	4,43		
8	0,04	4170	2,78	166,56	62,16	982,03	0,4633	0,2301	204,40	1,20	2,50		4,99	208,10	3961,90	113,20	4,35		
9	0,03	3170	2,39	143,1	63,10	981,53	0,4569	0,1977	159,60	0,70	2,00		5,12	162,30	3007,70	85,93	4,48		
10	0,05	4720	2,89	173,52	64,32	980,87	0,4486	0,2397	218,10	1,20	3,00		4,71	222,30	4497,70	128,51	4,56		
11	0,04	4160	2,72	162,9	65,95	979,99	0,4375	0,2251	201,00	1,20	2,50		4,92	204,70	3955,30	113,01	4,55		
12	0,02	2150	2,22	133,32	64,93	980,54	0,4445	0,1842	131,90	0,70	2,00		6,26	134,60	2015,40	57,58	3,46		
13	0,05	5350	3,05	183,12	62,36	981,93	0,4620	0,2530	236,20	1,40	3,00		4,50	240,60	5109,40	145,98	4,65		
14	0,06	5980	3,22	193,44	60,37	983,00	0,4755	0,2672	272,40	1,40	3,50		4,64	277,30	5702,70	162,93	4,64		
													5,06						Průměrná hodnota ξ: 4,32

GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ TLAKOVÝCH ZTRÁT

V grafu je znázorněný průběh tlakových ztrát všech spojovacích kusů (bez rovinného úseku) v závislosti na objemovém průtoku pro jednotlivé rozmezí teplot.



1.4.2 MODRÉ POTRUBÍ

Potrubí PE-RT 20x2 – délka 3843 mm

Potrubí PE-RT 32x3 – délka 211 mm

Potrubí CU 28x1,5 – délka 400 mm
(napojovací část z laboratoře)

Spojovací kusy:

2x spojka s vnitřním závitem

2x spojka redukováná

16x koleno 90°

8x T-kus

7x spojka

2x Kulový kohout DN 25 (napojovací
část z laboratoře)



Obrázek 98 - Modré potrubí foceně v laboratoři

VÝSLEDKY PRO TEPLITU OTOPNÉ VODY 25 °C

Číslo měření	Tlaková ztráta	Tlaková ztráta	Průtok	Průtok	Teplota	Hustota	Viskozita * 10 ⁻⁶	Rychlost proudění	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 20x2	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 32x3	Tlaková ztráta - rovná část měď 28x1,5	Tlaková ztráta kulového kohoutu DN25	Procentuální tlaková ztráta - rovná část	Tlaková ztráta rovinné části	Ztráty - spojovací kusy	Ztráty - jeden spojovací kus	Součinitel místního odporu	
	Δp [bar]	Δp [Pa]	Q [l/m]	Q [l/h]	T [°C]	ρ [kg/m ³]	$\nu * 10^{-6}$ [m ² /s]	v [m/s]	Δp_{R20x2} [Pa]	Δp_{R32x3} [Pa]	$\Delta p_{R28x1,5}$ [Pa]	Δp_{K25} [Pa]	Δp_R [%]	Δp_R [Pa]	Δp_F [Pa]	Δp_{F1} [Pa]	ζ [-]	
1	0,10	10310	4,22	253,3	25,59	996,84	0,8747	0,3500	519,20	2,70	6,40	Tlaková ztráta kulového kohoutu zanedbávána	5,12	528,30	9781,70	279,48	4,58	
2	0,09	8560	3,86	231,6	25,60	996,83	0,8745	0,3200	444,60	2,20	5,20		5,28	452,00	8108,00	231,66	4,54	
3	0,05	5210	2,97	178,3	25,64	996,82	0,8739	0,2463	290,50	1,00	2,50		5,64	294,00	4916,00	140,46	4,65	
4	0,04	4090	2,57	153,9	25,69	996,81	0,8731	0,2126	206,90	0,70	1,90		5,12	209,50	3880,50	110,87	4,92	
5	0,03	2670	2,16	129,4	25,71	996,80	0,8728	0,1787	135,90	0,60	1,30		5,16	137,80	2532,20	72,35	4,54	
6	0,09	8960	3,96	237,4	25,78	996,78	0,8716	0,3280	468,50	2,20	5,20		5,31	475,90	8484,10	242,40	4,52	
7	0,04	4350	2,81	168,4	25,74	996,79	0,8724	0,2327	251,60	1,00	2,50		5,86	255,10	4094,90	117,00	4,34	
8	0,05	5310	3,01	180,7	25,78	996,78	0,8717	0,2497	290,30	1,00	2,50		5,53	293,80	5016,20	143,32	4,61	
9	0,05	4510	2,82	169,4	25,79	996,78	0,8716	0,2341	251,60	1,00	2,50		5,66	255,10	4254,90	121,57	4,45	
10	0,06	5910	3,26	195,4	25,80	996,78	0,8713	0,2699	331,30	1,30	3,30		5,68	335,90	5574,10	159,26	4,39	
													5,44					Průměrná hodnota ξ: 4,55

VÝSLEDKY PRO TEPLITU OTOPNÉ VODY 40-45 °C

Číslo měření	Tlaková ztráta	Tlaková ztráta	Průtok	Průtok	Teplota	Hustota	Viskozita * 10 ⁻⁶	Rychlost proudění	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 20x2	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 32x3	Tlaková ztráta - rovná část měď 28x1,5	Tlaková ztráta kulového kohoutu DN25	Procentuální tlaková ztráta - rovná část	Tlaková ztráta rovinné části	Ztráty - spojovací kusy	Ztráty - jeden spojovací kus	Součinitel místního odporu		
	Δp [bar]	Δp [Pa]	Q [l/m]	Q [l/h]	T [°C]	ρ [kg/m ³]	ν * 10 ⁻⁶ [m ² /s]	v [m/s]	Δp _{roz2} [Pa]	Δp _{roz3} [Pa]	Δp _{roz1,5} [Pa]	Δp _{kos} [Pa]	Δp _r [%]	Δp _r [Pa]	Δp _f [Pa]	Δp _{f1} [Pa]	ζ [-]		
1	0,09	9190	4,23	253,9	42,47	991,21	0,6348	0,3508	474,80	2,50	5,80		5,26	483,10	8706,90	248,77	4,08		
2	0,08	7810	3,88	232,7	43,08	990,97	0,6290	0,3215	405,10	2,20	5,10		5,28	412,40	7397,60	211,36	4,13		
3	0,04	4200	2,96	177,4	43,33	990,87	0,6267	0,2450	263,50	1,20	3,20		6,38	267,90	3932,10	112,35	3,78		
4	0,02	2380	2,20	132,0	43,40	990,84	0,6260	0,1824	149,50	0,60	1,20	Tlaková ztráta kulového kohoutu zanedbána	6,36	151,30	2228,70	63,68	3,86		
5	0,08	8350	3,96	237,4	44,42	990,43	0,6165	0,3279	425,00	2,20	5,10		5,18	432,30	7917,70	226,22	4,25		
6	0,07	7040	3,65	219,2	45,24	990,09	0,6084	0,3028	358,60	1,90	4,40		5,18	364,90	6675,10	190,72	4,20		
7	0,04	3720	2,79	167,6	45,44	990,01	0,6062	0,2315	225,90	1,20	2,40		6,17	229,50	3490,50	99,73	3,76		
8	0,03	3040	2,48	148,8	45,44	990,01	0,6062	0,2056	193,00	0,90	1,70		6,43	195,60	2844,40	81,27	3,88		
9	0,05	4830	3,05	182,8	45,80	989,85	0,6022	0,2526	260,50	1,60	3,20		5,49	265,30	4564,70	130,42	4,13		
10	0,04	4260	2,85	171,1	45,46	990,00	0,6059	0,2363	243,10	1,20	3,20		5,81	247,50	4012,50	114,64	4,15		
11	0,06	5818	3,23	193,6	43,96	990,62	0,6208	0,2674	300,30	1,60	3,80		5,25	305,70	5512,48	157,50	4,45		
													5,71						Průměrná hodnota ζ: 4,06

TEPLITA OTOPNÉ VODY: 40-45 °C

VÝSLEDKY PRO TEPLITU OTOPNÉ VODY 50-55 °C

Číslo měření	Tlaková ztráta	Průtok	Průtok	Teplota	Hustota	Viskozita * 10 ⁻⁶	Rychlost proudění	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 20x2	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 32x3	Tlaková ztráta - rovná část měď 28x1,5	Tlaková ztráta kulového kohoutu DN25	Procentuální tlaková ztráta - rovná část	Tlaková ztráta rovinné části	Ztráty - spojovací kusy	Ztráty - jeden spojovací kus	Součinitel místního odporu
	Δp [Pa]	Q [l/m]	Q [l/h]	T [°C]	ρ [kg/m ³]	v * 10 ⁻⁶ [m ² /s]	v [m/s]	Δp _{roz2} [Pa]	Δp _{roz3} [Pa]	Δp _{roz1,5} [Pa]	Δp _{k25} [Pa]	Δp _r [%]	Δp _r [Pa]	Δp _f [Pa]	Δp _{f1} [Pa]	ζ [-]
1	0,09	4,25	254,8	52,39	986,90	0,5374	0,3520	453,40	2,40	5,50		4,97	461,30	8828,70	252,25	4,13
2	0,08	3,90	234,2	52,60	986,80	0,5357	0,3235	387,20	2,10	4,90		5,13	394,20	7295,80	208,45	4,04
3	0,04	2,96	177,5	52,60	986,80	0,5357	0,2452	251,80	1,30	3,10		5,73	256,20	4213,80	120,39	4,06
4	0,03	2,56	153,5	52,46	986,87	0,5368	0,2120	186,20	1,00	2,60	Tlaková ztráta kulového kohoutu zanedbána	6,26	189,80	2840,20	81,15	3,66
5	0,02	2,16	129,8	52,40	986,90	0,5373	0,1794	142,70	0,70	1,40		6,61	144,80	2045,20	58,43	3,68
6	0,08	3,94	236,6	53,55	986,37	0,5283	0,3269	407,00	2,10	4,90		5,19	414,00	7556,00	215,89	4,10
7	0,06	3,63	218,0	54,41	985,97	0,5216	0,3012	343,30	1,80	4,20		5,67	349,30	5810,70	166,02	3,71
8	0,04	2,81	168,5	54,42	985,97	0,5215	0,2328	216,10	1,30	3,10		5,63	220,50	3699,50	105,70	3,96
9	0,03	2,45	146,8	54,18	986,08	0,5234	0,2028	169,80	1,00	2,00		6,15	172,80	2634,89	75,28	3,71
10	0,05	3,03	182,0	54,35	986,00	0,5221	0,2514	249,90	1,50	3,10		5,57	254,50	4315,50	123,30	3,96
11	0,05	3,26	195,4	55,42	985,51	0,5137	0,2700	284,40	1,50	3,60		5,48	289,50	4990,50	142,59	3,97
TEPLITA OTOPNÉ VODY: 40-45 °C												Průměrná hodnota ξ:	5,67	3,91		

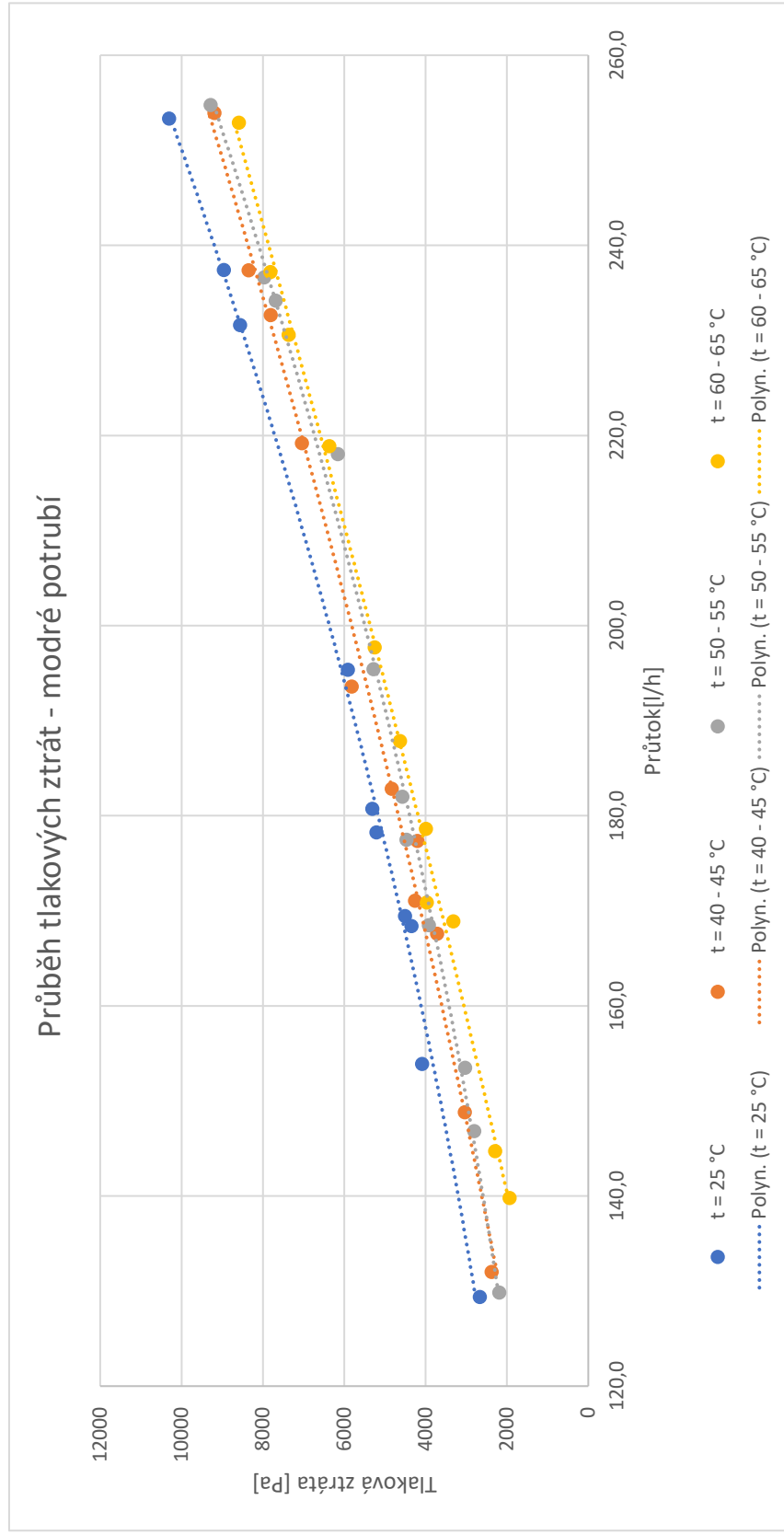
VÝSLEDKY PRO TEPLITU OTOPNÉ VODY 60-65 °C

Číslo měření	Tlaková ztráta	Tlaková ztráta	Průtok	Průtok	Teplota	Hustota	Viskozita * 10 ⁻⁶	Rychlost proudění	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 20x2	Tlaková ztráta - rovná část PE-RT 32x3	Tlaková ztráta - rovná část měď 28x1,5	Tlaková ztráta kulového kohoutu DN25	Procentuální tlaková ztráta - rovná část	Tlaková ztráta rovné části	Ztráty - spojovací kusy	Ztráty - jeden spojovací kus	Součinitel místního odporu
	Δp [bar]	Δp [Pa]	Q [l/m]	Q [l/h]	T [°C]	ρ [kg/m ³]	ν * 10 ⁻⁶ [m ² /s]	v [m/s]	Δp _{roz2} [Pa]	Δp _{roz3} [Pa]	Δp _{roz1,5} [Pa]	Δp _{koz} [Pa]	Δp _r [%]	Δp _r [Pa]	Δp _f [Pa]	Δp _{f1} [Pa]	ζ [-]
1	0,09	8590	4,22	252,9	61,27	982,51	0,4694	0,3494	436,70	2,30	5,30		5,17	444,30	8145,70	232,73	3,88
2	0,07	7370	3,84	230,6	61,27	982,51	0,4694	0,3186	373,10	2,00	4,70		5,15	379,80	6990,20	199,72	4,01
3	0,04	3990	2,98	178,6	61,05	982,63	0,4709	0,2468	242,50	1,20	3,00		6,18	246,70	3743,30	106,95	3,57
4	0,08	7820	3,95	237,2	61,06	982,63	0,4708	0,3277	394,10	2,00	4,70	Tlaková ztráta kulového kohoutu zanedbávána	5,13	400,80	7419,20	211,98	4,02
5	0,06	6370	3,65	218,9	62,12	982,06	0,4636	0,3024	332,00	1,70	4,10		5,30	337,80	6032,20	172,35	3,84
6	0,03	3320	2,82	168,9	62,03	982,10	0,4642	0,2333	208,80	1,20	3,00		6,42	213,00	3107,00	88,77	3,32
7	0,05	4630	3,13	187,9	61,79	982,23	0,4658	0,2595	258,80	1,50	3,50		5,70	263,80	4366,20	124,75	3,77
8	0,04	3970	2,85	170,9	61,71	982,28	0,4664	0,2361	225,20	1,20	3,00		5,78	229,40	3740,60	106,87	3,90
9	0,02	2291	2,41	144,7	61,64	982,31	0,4668	0,1999	164,10	1,00	2,00		7,29	167,10	2123,81	60,68	3,09
10	0,02	1940	2,33	139,8	61,46	982,41	0,4681	0,1931	150,20	0,80	2,00		7,89	153,00	1787,00	51,06	2,79
11	0,05	5250	3,30	197,7	62,16	982,03	0,4633	0,2731	276,00	1,50	3,50		5,35	281,00	4969,00	141,97	3,88
													5,94			Průměrná hodnota ξ: 3,64	

TEPLITA OTOPNÉ VODY: 40-45 °C

GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ TLAKOVÝCH ZTRÁT

V grafu je znázorněn průběh tlakových ztrát všech spojovacích kusů (bez rovinného úseku) v závislosti na objemovém průtoku pro jednotlivé rozmezí teplot.

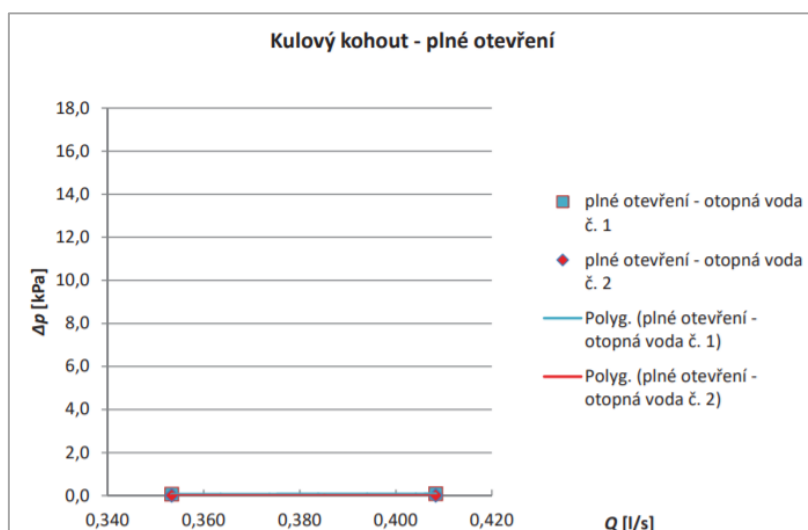


1.4.3 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ PRO JEDNOTLIVÁ POTRUBÍ

1.4.3.1 DOPOČET VÝSLEDKŮ

K hodnotám součinitelů místního odporu pro fitinky jsem došel tak, že byly pomocí čidel naměřené tlakové ztráty okruhu. Poté jsem si podle teoretických výpočtů a naměřených délek spočítal tlakové ztráty třením v rovinných úsecích (popřípadě armatur). Tyto úseky jsem odečetl od naměřených hodnot a tím pádem vznikly hodnoty tlakových ztrát pouze pro spojovací kusy.

Hodnotu tlakové ztráty pro kulový kohout jsem volil 0. Tuto hodnotu jsem přebral z diplomové práce s názvem Tlakové ztráty armatur otopných soustav, kde studentka měřila tlakové ztráty různých armatur. A jednou z armatur byl kulový kohout DN25, který byl měřen pro různé polohy. Z výsledků bylo patrné, že tlaková ztráta pro plně otevřený kulový kohout při nízkých průtocích je zanedbatelná. A proto jsem i já ve své práci zanedbal jeho hodnotu tlakové ztráty. [59]



Obrázek 99 - Grafické znázornění průběhu tlakových ztrát kulového kohoutu DN25 při plném otevření [59]

Pomocí výpočtů jsem došel k průměrné hodnotě součinitele místního odporu ξ pro jednotlivé teplotní úseky a jednotlivé okruhy, které jsou pro lepší přehlednost zaznamenány v tabulkách. Jelikož nejsou známy procentuální hodnoty tlakových ztrát jednotlivých typů spojovacích kusů (T-kus, spojka apod.), tak hodnota pro jednu fitinku byla získána vydělením celkové tlakové ztráty spojovacích kusů počtem fitinek, kterých je 35 kusů. Tyto hodnoty budou porovnány s průměrnou hodnotou součinitele místního odporu od výrobce.

V dalších částech budou porovnány výsledky tlakových ztrát podle měnicích se podmínek otopné vody. A na závěr budou porovnány rozdíly mezi šedým a modrým potrubím, které byly hlavním cílem experimentu.

1.4.3.2 PRŮMĚRNÁ HODNOTA SOUČINITELE MÍSTNÍHO ODPORU

V následujícím vztahu bude vypočtena průměrná teoretická hodnota součinitele místního odporu pro měřený okruh, která bude vytvořena z hodnot uvedených od výrobce. Některé hodnoty tvarovek, které jsou v okruhu použity, výrobce ve svých prospektech neuvádí, proto budou použité blízké hodnoty (snaha určit podobnou armaturu), aby bylo možné změřené hodnoty porovnat. Zároveň je nutné uvažovat s tím, že v okruhu jsou použity T-kusy, které jsou zaslepené, což může ovlivnit hodnotu součinitele místního odporu. Proto toto porovnání nesmí být bráno jako směrodatné, ale jako zajímavost k porovnání.

Tabulka 23 – Vypočtené hodnoty součinitele místních odporů pro šedé potrubí

ŠEDÉ POTRUBÍ	
Teplota otopné vody [°C]	ξ [-]
24	6,35
40-45	5,09
50-55	4,65
60-65	4,32

Tabulka 24 - Vypočtené hodnoty místních odporů pro modré potrubí

MODRÉ POTRUBÍ	
Teplota otopné vody [°C]	ξ [-]
24	4,55
40-45	4,06
50-55	3,91
60-65	3,64

Teoretický výpočet součinitele místního odporu od výrobce

$$\xi_{výrobce} = \frac{2 \cdot \xi_{SVZ} + 2 \cdot \xi_{SR} + 16 \cdot \xi_K + 2 \cdot \xi_{TP} + 6 \cdot \xi_{TO} + 7 \cdot \xi_S}{35}$$

$$\xi_{výrobce} = \frac{2 \cdot 1,8 + 2 \cdot 2,6 + 16 \cdot 8,5 + 2 \cdot 2,5 + 6 \cdot 7,5 + 7 \cdot 2,1}{35}$$

$$\xi_{\text{výrobce}} = 5,99$$

kde:

SVZ je spojka s vnitřním závitem 32x3, Rp 1/4;

SR spojka redukována 32x3, 20x2;

K koleno 20x2, 20x2;

TP T-kus průchod 20x2, 20x2, 20x2;

TO T kus odbočka 20x2, 20x2, 20x2;

S spojka 20x2, 20x2.

Jak už bylo popisováno, tak některé hodnoty součinitele místních odporů pro tvarovky, které byly použity, v prospektech výrobce nejsou uvedeny, proto u těchto výrobků byly brány hodnoty tvarovek, které jsou podobné s tvarovkami z okruhu Tyto tvarovky jsou tučně zvýrazněné ve výčtu tvarovek. Naštěstí se jedná pouze o čtyři tvarovky, takže tímto by nemusela být výsledná hodnota zkreslená.

Hodnoty ZETA lisovacích tvarovek HERZ

Rozměr trubky	Označení	Průměr vnitřní [mm]	Zeta (plyn) ζ	Zeta (H ₂ O) ζ
16	Přechod s vnějším závitem 1/2 × 16 mm	12	7,00	4,20
20	Přechod s vnějším závitem 1/2 × 20 mm	16	1,60	2,20
26	Přechod s vnějším závitem 3/4 × 26 mm	20	1,10	1,20
16	Přechod s vnitřním závitem 1/2 × 16 mm	12	8,20	4,50
20	Přechod s závitem vnitřním 1/2 × 20 mm	16	2,80	2,60
26	Přechod s vnitřním závitem 3/4 × 26 mm	20	2,50	2,00
32	Přechod s vnitřním závitem 1 × 32 mm	26	1,70	1,80
16	Spojka 16 mm	12	6,20	4,00
20	Spojka 20 mm	16	1,80	2,10
26	Spojka 26 mm	20	1,30	1,00
32	Spojka 32 mm	26	1,30	0,80
16	Koleno 16 mm	12	15,20	13,50
20	Koleno 20 mm	16	6,60	8,50
26	Koleno 26 mm	20	6,10	6,80
32	Koleno 32 mm	26	5,10	4,20
16	T-kus průchod 16 mm	12	8,20	5,00
20	T-kus průchod 20 mm	16	2,80	2,50
26	T-kus průchod 26 mm	20	2,30	1,30
32	T-kus průchod 32 mm	26	1,30	1,00
16	T-kus odbočka 16 mm	12	18,70	15,10
20	T-kus odbočka 20 mm	16	8,30	7,50
26	T-kus odbočka 26 mm	20	7,60	6,20
32	T-kus odbočka 32 mm	26	5,80	4,70
16	Nástěnka 1/2 × 16 mm	12	13,80	10,40
20	Nástěnka 1/2 × 20 mm	16	9,70	7,50
26	Nástěnka 3/4 × 26 mm	20	8,30	4,60

Obrázek 100 - Hodnoty součinitelů místních odporů pro tvarovky od firmy Herz [26]

Výsledná hodnota průměrného součinitele místního odporu od výrobce činí 5,99. Tato hodnota je nejvíce podobná výsledku z měření při 24 °C pro starý typ fitinek, kde hodnota součinitele dosahuje 6,35. Sice mohly v měřeních vzniknout nějaké nepřesnosti a jak už bylo popsáno výše, tak i výpočet teoretické hodnoty součinitele místního odporu od výrobce není spočtena úplně přesně. Ale hodnoty při jiných teplotách se liší celkem markantně. Proto můžeme konstatovat, že použitím součinitelů od výrobce bude, alespoň v topných systémech, kde voda přesahuje většinou 40 °C, hodnota vypočtených tlakových ztrát je větší, než tomu ve skutečnosti je.

1.4.3.3 ZMĚNY TLAKOVÝCH ZTRÁT VZHLEDEM K MĚNÍCÍM SE PODMÍNKÁM OTOPNÉ VODY

Z grafického znázornění i početních výsledků je patrné, že tlakové ztráty pro spojovací kusy se s rostoucím průtokem zvětšují. A zároveň čím je nižší teplota otopné vody, tím nám tlakové ztráty rostou.

Co dále stojí za povšimnutí je, kolik procent tvoří tlakové ztráty třením vzhledem k tlakovým ztrátám na spojovacích kusech. Jedná se sice o experimentální model, kde nebyly použité dlouhé úseky rovinného potrubí. Ale i tak můžeme vidět, že se s tlakovými ztrátami třením procentuálně nedostaneme ani nad 6 % (viz tabulka níže). A dalším poznatkem, že procentuální hodnota tlakových ztrát třením roste se zvyšující se teplotou otopné vody.

Tabulka 25 - Procentuální zhodnocení tlakových ztrát třením

Tlakové ztráty třením z celku		
Teplota otopné vody [°C]	Šedé potrubí	Modré potrubí
24	3,81 %	5,44 %
40-45	4,65 %	5,71 %
50-55	4,93 %	5,67 %
60-65	5,06 %	5,94 %

1.4.4 VÝPOČTY POROVNÁVAJÍCÍ OBA TYPY FITINEK

1.4.4.1 POPIS

Jak už bylo zmíněno výše. Měření bylo provedeno pro 2 potrubí, která se liší vlastnostmi fitinek. První typ fitinek (dále **šedé potrubí**) je starší typ, na který je použita méně kvalitní mosaz. Druhý typ fitinek (dále **modré potrubí**) používá kvalitnější mosaz, tudíž může být použita menší tloušťka vrstvy. A to zajišťuje větší světlost profilu a s tím spojené nižší tlakové ztráty.

V této části budou porovnávány výsledky mezi modrým a šedým potrubím. Z teoretického hlediska by měly výsledky lépe vyznívat pro modré potrubí, což se dozvíme v následujících výpočtech a grafech.

Jak je možné vidět z fotky, tak novější typ fitinky má kratší přípojovací část, a to přibližně o 4 mm. Snažil jsem se posuvným měřítkem odměřit i rozdíl mezi vnitřními průměry fitinek pro stejnou dimenzi, ale rozdíl je tak minimální, až neměřitelný. Čeho si můžeme však ještě všimnout je umístění O-kroužků, sloužící pro těsnění, kdy u novějšího typu jsou umístěny blíže k sobě. Dalším rozdílem, který je viditelný, je rozdílnost v „závitovém napojení“, kde dochází ke stlačení trubky. Zatímco u nového typu je jemnější vrstvení, u staršího typu vidíme vystouplejší a vzdálenější vrstvení. Posledním viditelným znakem je rozdílnost v náběhu, který možná na fotce nebude tolik viditelný, ale u novějšího typu je náběh delší.



Obrázek 101 - Porovnání 2 typů fitinek



Obrázek 102 - Porovnání 2 typů fitinek - světlosti potrubí

1.4.4.2 VÝSLEDKY

Tabulka tlakových ztrát potrubí při teplotě otopné vody 24 - 25 °C					
Modré potrubí	Průtok	Ztráty - spojovací kusy	Šedé potrubí	Průtok	Ztráty - spojovací kusy
Číslo měření	Q [l/h]	Δp_F [Pa]	Číslo měření	Q [l/h]	Δp_F [Pa]
1	253,32	9782	1	244,8	11873
2	231,6	8108	2	229,8	10693
3	178,26	4916	3	177,12	6579
4	153,9	3881	4	150,78	4860
5	129,36	2532	5	117,12	3084
6	237,42	8484	6	230,16	10853
7	168,4	4095	7	216,54	9551
8	180,72	5016	8	168,48	6088
9	169,44	4255	9	150,12	4830
10	195,36	5574	10	179,64	6669
			11	169,98	6118
			12	136,56	4068
			13	118,8	3224

Tabulka tlakových ztrát potrubí při teplotě otopné vody 40 - 45 °C					
Modré potrubí	Průtok	Ztráty - spojovací kusy	Šedé potrubí	Průtok	Ztráty - spojovací kusy
Číslo měření	Q [l/h]	Δp_F [Pa]	Číslo měření	Q [l/h]	Δp_F [Pa]
1	253,92	8707	1	244,08	10567
2	232,68	7398	2	227,34	8935
3	177,35	3932	3	169,8	4471
4	132	2229	4	150,18	3886
5	237,36	7918	5	119,58	2285
6	219,18	6675	6	228,72	9177
7	167,58	3490	7	211,56	7779
8	148,8	2844	8	166,62	4903
9	182,82	4565	9	141,84	3592
10	171,06	4012	10	172,08	4965
11	193,582	5512	11	160,38	4200
			12	128,7	2552
			13	180,42	5387
			14	189,24	5948

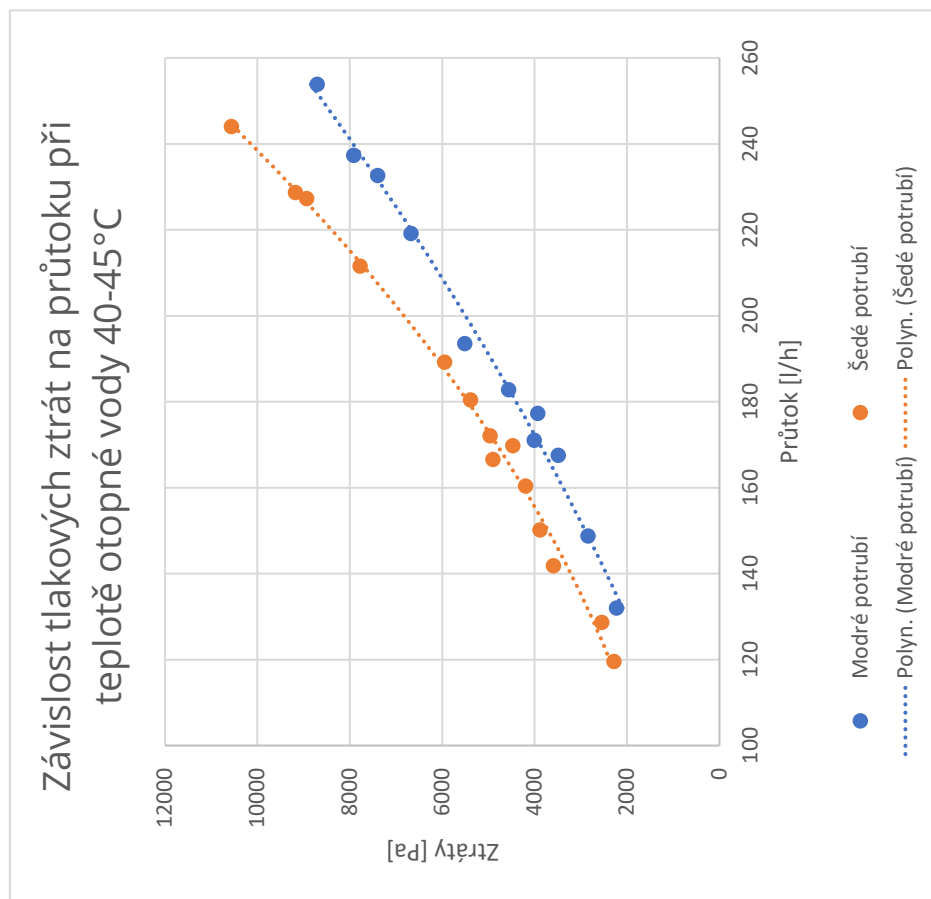
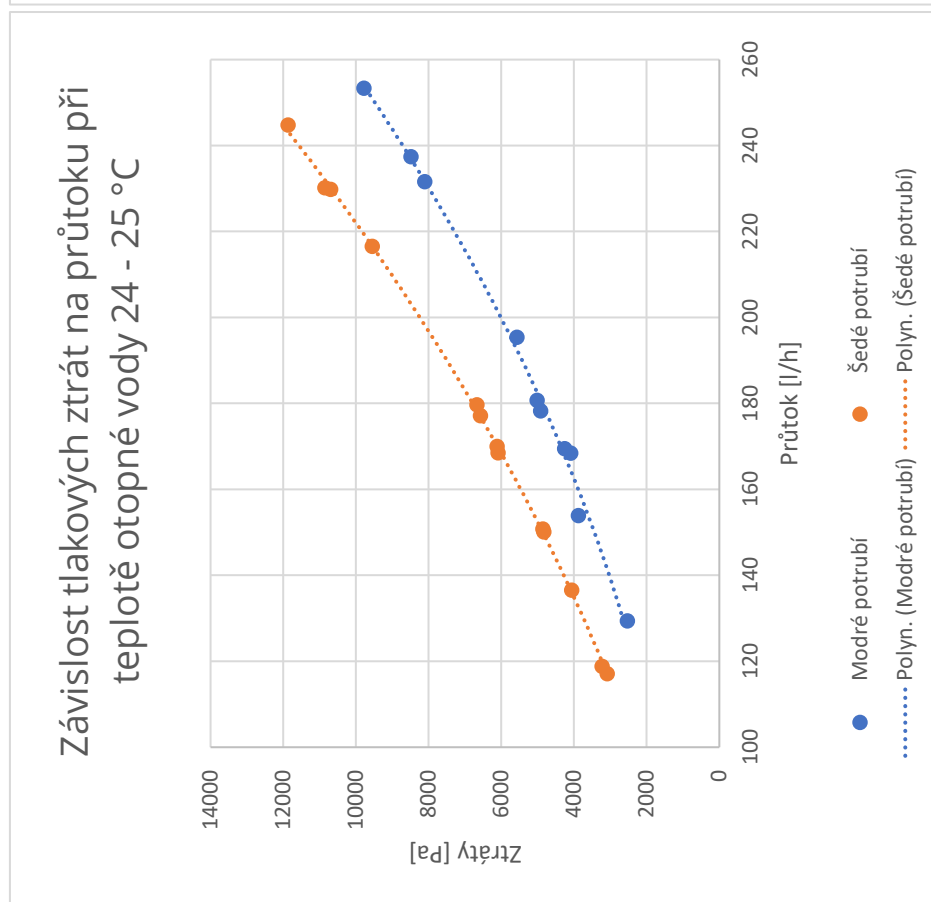
Tabulka tlakových ztrát potrubí při teplotě otopné vody 50 - 55 °C					
Modré potrubí	Průtok	Ztráty - spojovací kusy	Šedé potrubí	Průtok	Ztráty - spojovací kusy
Číslo měření	Q [l/h]	Δp_F [Pa]	Číslo měření	Q [l/h]	Δp_F [Pa]
1	254,76	8829	1	150,24	3413
2	234,18	7296	2	119,22	1954
3	177,48	4214	3	227,34	8593
4	153,48	2840	4	213	7524
5	129,84	2045	5	163,2	4283
6	236,64	7556	6	141,84	2980
7	218,04	5811	7	171,6	4667
8	168,48	3699	8	161,76	4080
9	146,815	2635	9	134,52	2235
10	181,98	4316	10	244,14	9703
11	195,42	4990	11	228,18	8447
			12	173,16	4798
			13	151,68	3696
			14	124,5	2102
			15	173,88	4629
			16	156,72	3611
			17	121,14	2143
			18	228,84	8388
			19	210,96	7248
			20	165,18	4095
			21	141,72	3112
			22	173,46	4798
			23	160,38	4021
			24	130,02	2260

Tabulka tlakových ztrát potrubí při teplotě otopné vody 60 - 65 °C

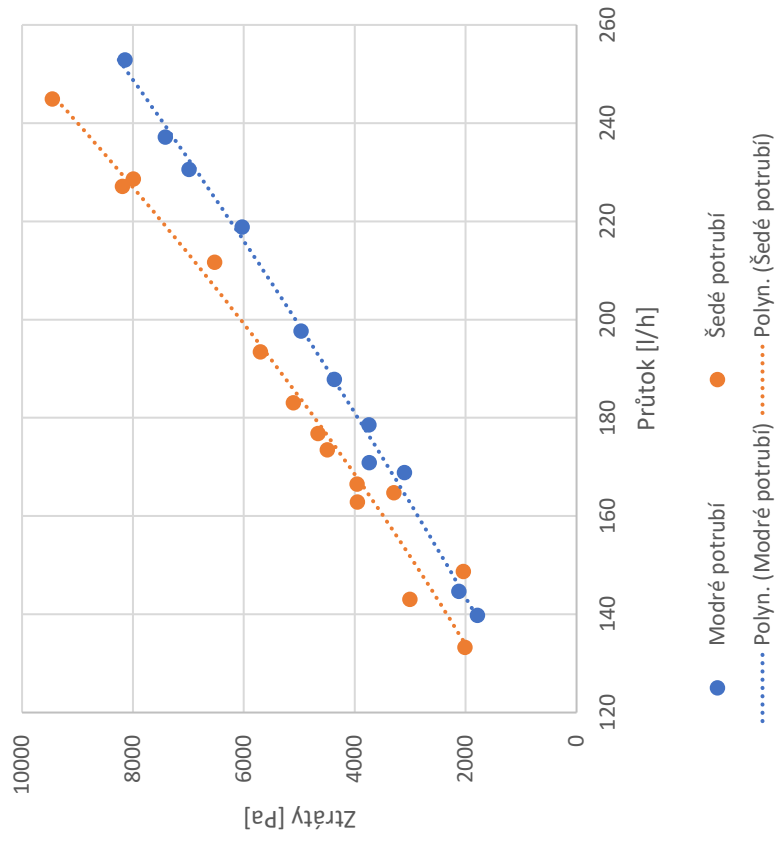
Modré potrubí	Průtok	Ztráty - spojovací kusy	Šedé potrubí	Průtok	Ztráty - spojovací kusy
Číslo měření	Q [l/h]	ΔpF [Pa]	Číslo měření	Q [l/h]	ΔpF [Pa]
1	252,9	8146	1	244,98	9456
2	230,58	6990	2	227,16	8190
3	178,62	3743	3	176,82	4666
4	237,18	7419	4	164,76	3293
5	218,88	6032	5	148,74	2044
6	168,9	3107	6	228,66	7992
7	187,86	4366	7	211,74	6526
8	170,88	3741	8	166,56	3962
9	144,709	2124	9	143,1	3008
10	139,8	1787	10	173,52	4498
11	197,7	4969	11	162,9	3955
			12	133,32	2015
			13	183,12	5109
			14	193,44	5703

GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ TLAKOVÝCH ZTRÁT – PROVNÁNÍ MODRÉHO A ŠEDÉHO POTRUBÍ

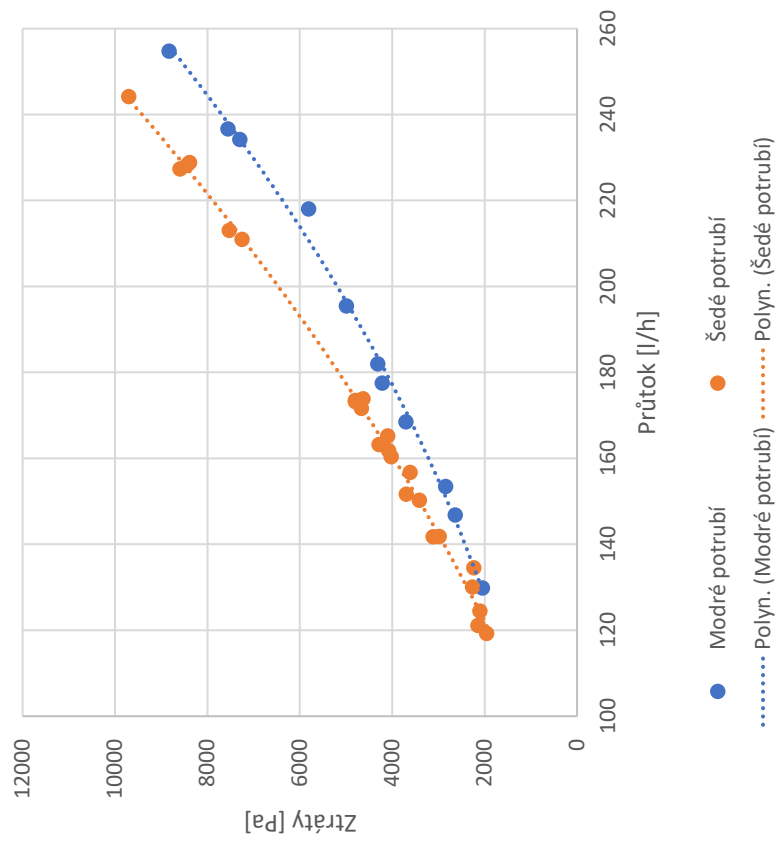
V těchto grafech jsou porovnávány tlakové ztráty pro fitinky v modrém potrubí a šedém potrubí. Konkrétně můžeme vidět závislost tlakových ztrát na průtoku. Každý graf je vytvořen pro různé teploty otopné vody.



Závislost tlakových ztrát na průtoku při teplotě otopné vody 60-65°C



Závislost tlakových ztrát na průtoku při teplotě otopné vody 50-55 °C



1.4.5 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

1.4.5.1 VÝSLEDKY POROVNÁVJÍCÍ MĚŘENÍ MEZI 2 TYPY FITINEK

Z grafů a tabulek může vidět, že modré potrubí má nižší tlakové ztráty, než je tomu u šedého potrubí. Což je potvrzení toho, co bylo popisováno v úvodu. Další a podrobnější zhodnocení bude v následujících tabulkách a textu.

Tabulka 26 - Porovnání tlakových ztrát pro šedé a modré potrubí

Zhodnocení tlakových ztrát mezi modrým a šedým potrubím			
Teplota otopné vody [°C]	Šedé potrubí ξ [-]	Modré potrubí ξ [-]	Procentuální úspora tlakových ztrát
24	6,35	4,55	28 %
40-45	5,09	4,06	20 %
50-55	4,65	3,91	16 %
60-65	4,32	3,64	16 %

V této tabulce jsem porovnal tlakové ztráty jedné vypočtené fitinky mezi modrým a šedým potrubím podle teploty otopné vody. Zhodnotil jsem procentuální úsporu tlakových ztrát mezi oběma potrubími. Jak je možné vidět, tak podle předpokladů jsou nižší tlakové ztráty u modrého potrubí, které používá kvalitnější mosaz. Z výsledků je také možné vidět, že s rostoucí teplotou otopné vody se rozdíl mezi tlakovými ztrátami zmenšují. Nejmenší procentuální úspora tlakových ztrát nového druhu fitinek oproti těm starým je okolo 16 %, a to při vyšších teplotách otopné vody. Zatímco u teploty otopné vody okolo 24 °C se procentuální úspora tlakových ztrát vyšplhala až na 28 %.

Tabulka 27 - Porovnání tlakových ztrát třením pro šedé a modré potrubí

Tlakové ztráty třením z celku		
Teplota otopné vody [°C]	Šedé potrubí	Modré potrubí
24	3,81 %	5,44 %
40-45	4,65 %	5,71 %
50-55	4,93 %	5,67 %
60-65	5,06 %	5,94 %

I zde použijí tabulku, kde jsou vyhodnoceny tlakové ztráty třením z celkových tlakových ztrát modelu. A ve výsledcích můžeme vidět, že použitím kvalitnější mosazi se snižuje poměr tlakových ztrát spojovacích kusů vůči celku.

V poslední části je zhodnocení tlakové ztráty, která by vznikla při provozních průtocích, které jsou ve vytápění běžně používané. Jelikož jsem ve svém projektu používal teploty otopné vody okolo 40-45 °C, tak tyto výpočty budou provedeny pro tuto teplotní oblast. Pro výpočty byly použity výsledky z měření. Pro jednotlivá potrubí byly brány průměrné hodnoty součinitele místního odporu pro danou teplotu. Zároveň bych chtěl upozornit, že výsledek je určený pouze pro jeden součinitel ζ .

Tabulka 28 - Tabulka s hodnotami tlakových ztrát pro provozní rychlosti používané pro vytápění

Teplota otopné vody 40 - 45 °C					
Modré potrubí					
Součinitel místního odporu ζ	4,06				
Hustota ρ	990,44 kg/m ³				
Šedé potrubí					
Součinitel místního odporu ζ	5,09				
Hustota ρ	991,06 kg/m ³				
Rychlost otopné vody [m/s]	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Tlaková ztráta místními odpory - modré potrubí [Pa]	80,42	321,69	723,81	1286,78	2010,59
Tlaková ztráta místními odpory - šedé potrubí [Pa]	100,89	403,56	908,01	1614,23	2522,24
Rozdíl tlakových ztrát [Pa]	20,47	81,86	184,19	327,45	511,64

Na výsledcích je možné vidět, že při nízkých rychlostech jako je 0,2 m/s se rozdíl tlakových ztrát zásadně neliší. Ale pokud bychom uvažovali s vyššími rychlostmi jako je 1 m/s, tak už na jedné (experimentálně určené) fitince vznikne rozdíl tlakových ztrát až 0,5 kPa. Což už není úplně zanedbatelná hodnota. Samozřejmě je nutné přihlížet k tomu, že hodnota součinitele je brána jako průměrná hodnota různých typů fitinek jako jsou T-kus, spojka, redukce apod. Ale i na těchto výsledcích je vidět, že vylepšováním technologií a zkvalitňováním jednotlivých součástí můžeme ušetřit na jiných zařízeních.

1.5 ZAVĚR EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

Musím říct, že díky tomuto měření jsem se dozvěděl mnoho nových věcí o lisovacích systémech, které se v nynější době v oboru vytápění používají. Dále doufám, že výsledky, které tímto měřením vznikly budou přínosné. Původně bylo v plánu vyrobit stejné potrubí se spojovacími kusy od firmy REHAU, která používá jiný styl lisování,

tudíž by bylo velmi zajímavé porovnávat 2 druhy lisování vůči sobě. Ale kvůli situaci, která nastala tento rok už na toto měření bohužel nedošlo. Proto jsem rád, že jsem mohl absolvovat alespoň měření s těmito druhy fitinek, a mohl je mezi sebou porovnat.

ZÁVĚR

Tématem této diplomové práce byly tlakové ztráty v otopných soustavách. Práce byla rozdělena do tří částí. První byla teoretická, která se zabývala základy vzniku tlakových ztrát v uzavřených systémech. Byly popsány základní vlastnosti tekutin, které mají vliv na tlakové ztráty. Dále byly popsány hydrostatické a hydrodynamické jevy, rozdíl mezi laminárním a turbulentním prouděním. A v závěru byly popsány různé typy tlakových ztrát a jejich výpočty.

Druhá část se týkala projektové části, kde jsem navrhoval vytápění a ohřev teplé vody pro dvoupatrovou mateřskou školu ve Velkých Němčicích. Vypočítal jsem součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce, které ve většině případů vyhověly na pasivní standard (horní hranici). Poté jsem zhodnotil, zda průměrný součinitel obálky budovy vyhovuje na NZEB kritérium. Toto kritérium bylo splněno. Další část se týkala výpočtu tepelných ztrát se zohledněním toho, že bude do místností přiváděn ohříváný vzduch na 20 °C z jednotky ZZT, která bude umístěna na střeše objektu. Hodnota tepelných ztrát pro celý objekt činí 17,38 kW.

Další částí bylo navržení otopných ploch. Tato část byla udělaná ve dvou variantách. První variantou bylo navržení deskových otopných těles, trubkových otopných těles a otopných lavic. Otopné lavice jsou použity ve třídách, kde budou sloužit nejen k vytápění, ale i k sezení. Tyto lavice nebudou mít osazenou termostatickou hlavici, aby děti nemohly měnit jejich nastavení. Na začátku její větve bude na potrubí osazen elektrotermický regulační zónový ventil (umístěný v nice), který bude řízen podle teploty ve třídě. Zároveň bude kladen na výrobce otopných lavic, aby dřevěná deska sloužící k sezení měla zaoblené rohy, aby nemohlo dojít k vážným úrazům dětí (tímto se snažím zajistit požadavek, který popsán ve vyhlášce 268/2009 Sb. § 38).

Druhou variantou bylo navržení podlahového vytápění. V koupelnách musela být navržena otopná tělesa, protože by nebylo možné danou místnost vytopit pouze pomocí podlahových hadů. Ve třídách jsou navržena od projektanta okna, která sahají až na zem. Z estetického hlediska je to pěkné, ale kvůli těmto oknům vznikají v jejich blízkosti chladné proudy v oblasti nohou. Což jsem se snažil v těchto místech zamezit zhuštěním podlahového vytápění a tím chladné proudy eliminovat.

Každá z těchto možností má svoje výhody a nevýhody. Výhodou otopných těles oproti podlahovému vytápění je dozajista menší hodnota tlakových ztrát. S tím je spojena menší potřeba pro výkon oběhového čerpadla. A další výhodou je menší množství otopné vody. Ale myslím si, že podlahového vytápění do prostor mateřské školy, kde si děti hrají na zemi, je ideální. Pro pohodlí je sice ve třídách navrženy koberec, ale pouze s krátkým vlasem, aby nevznikal velký tepelný odpor pro

průchod tepla do místnosti. Zároveň odpadá starost pro krytí otopných těles, aby nedošlo ke zranění dětí a také vniká větší využitelný prostor. Ideální případ je, že v koupelnách jsou navržené otopné žebříky, které napomáhají podlahovému vytápění vytopit místnost na požadovanou teplotu. Zároveň na žebříky můžeme dát oschnout některé mokré kousky oblečení, které se dozajista v mateřských školách najdou často. Zároveň, jak už jsem popisoval v předchozím odstavci, tak chladné proudy od oken, které sahají až na zem, jsou řešeny pomocí zhuštěných zón.

Další částí byl návrh vodního ohříváče do jednotky ZZT. Vypočítal jsem teplotu vzduchu, která bude ohřívána pomocí vzduchu, který odchází z místností. Tato hodnota činí 8,8 °C. A poté jsem dopočítal potřebný výkon pro vodní ohříváč, který činí 27,4 kW.

Poslední větví, která bude vedena z rozdělovače a sběrače je pro nepřímotopný zásobníkový ohříváč TV. Zkoušel jsem prvně počítat výkon a objem zásobníku pomocí metody zohledňující špičku odběru teplé vody, ale tato metoda pro tepelné čerpadlo není vhodná. Pro tepelné čerpadlo je vhodné, aby pracovalo průběžně a s co nejmenším počtem spínání. Proto jsem spočítal ohřev TV podle ČSN 06 0320, kde je ohřev TV rozprostřen do většího časového horizontu. Nakonec byl navržen nepřímotopný zásobník, který má velikost objemu 469 l. Jelikož tepelné čerpadlo není schopné ohřát TV na 55 °C, tak je dále v zásobníku navržena topná jednotka. Jelikož je ohříváč určen přímo pro tepelná čerpadla, tak je topná jednotka umístěna v horní části zásobníku. Tím se bude teplá voda dohřívat v horní části a nebude docházet k míchání studené a teplé vody.

Jak už bylo zmíněno, tak jako zdroj vytápění je navrženo tepelné čerpadlo vzduch/voda. Musel jsem udělat výpočty pro obě varianty, protože pro variantu s podlahovým vytápěním je potřebný větší výkon. A pro jeden zdroj by nevyšel v druhé variantě bod bivalence takový, jaký bychom si představovali jako ideální. Proto ve variantě s otopnými tělesy je navrženo jedno tepelné čerpadlo, které má bod bivalence v -4,3 °C. A jako bivalentní zdroj je navržen elektrokotel, který musí pokrýt 18,3 kW. Ve druhé variantě jsou navržena 2 tepelná čerpadla, které pracují s menším výkonem než předchozí tepelné čerpadlo. A tyto tepelná čerpadla mají bod bivalence v -7,3 °C. Bivalentní zdroj je opět elektrokotel, který musí pokrýt výkon alespoň 12,4 kW. Tepelná čerpadla budou umístěna v obou variantách na východní stranu, kde zaprvé nejsou žádné třídy, které by mohly být od těchto jednotek rušeny. A v této části se nachází parkoviště pro osobní automobily, proto vznikne od okolní zástavby tímto prostorem odstup a nebude docházet k jejímu rušení.

Aby bylo zamezeno častému spínání, tak byla navržena akumuláční nádrž o objemu 1038 l. Kombinovaný rozdělovač a sběrač, který je napojený na akumuláční nádrž

má 4 větve. Dvě větve jsou pro otopná tělesa (respektive podlahové vytápění), jedna větev pro ohřev vzduchu a poslední větev pro přípravu TV. Jsou navrženy dvě větve pro otopná tělesa a podlahové vytápění, protože každá větev je pro jedno podlaží. Mateřská škola totiž nemusí být celoročně potřebná jako celek, ale může být využívána např. pouze část objektu.

Poté došlo k návrhu potrubí, dilatace, vyregulování soustavy, návrhu pojistných zařízení, tepelné izolace pro potrubí, čerpadel a dalších zařízení nacházející se v technické místnosti, které jsou potřebné ke správnému chodu otopného systému nebo i ke zlepšení kvality vody nebo i prevence poškození systému. Na závěr byla vypracovaná technická zpráva pro tento projekt.

Poslední částí projektu je experimentální část, která byla realizovaná v laboratoři FAST VUT na ústavu technických zařízení budov. Firma Herz vyrobila 2 stejné okruhy, které se lišily typem spojovacích kusů. Obě potrubí byly spojována radiálním lisováním, ale lišily se typem spojovacích kusů. A to konkrétně v kvalitě použité mosazi. Na začátku a konci okruhu byly instalovány tlakové měřiče, které zaznamenávaly tlakovou ztrátu, která vznikla v okruhu. Měření bylo prováděno vícero. Lišily se teplotou otopné vody. Takže vždy bylo měření provedeno pro určitou teplotu otopné vody a v daném měření byly měněny rychlosti průtoku (od minima, které znamenalo rozumný výsledek po maximum, kterého bylo možné dosáhnout). Výsledky byly zaznamenávány do ústředny ALMEMO. Měření bylo provedeno pro teploty otopné vody, která byla rovna teplotě okolního vzduchu, 40-45 °C, 50-55 °C a 60-65 °C. Tato měření byla provedena pro obě potrubí.

Poté byly výsledky zpracovány v softwaru Excel. Vytvořil jsem tabulky s tlakovými ztrátami a grafy, které znázorňovaly průběhy tlakových ztrát podle průtoku a teplot otopné vody. Závěrem a cílem této části bylo zhodnocení výsledků. Byly porovnávány tlakové ztráty, které vznikají třením v potrubí a tlakové ztráty vznikající ve spojovacích kusech. Byly porovnávány výsledky pro jednotlivé teploty. A také obě potrubí (tudíž typy fitinek) vůči sobě, které byly hlavním cílem tohoto experimentu. Podrobnější popis a výsledky, které v této části vznikly jsou popsány v dané části.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PECH, P., ROUB, R., 2014. HYDRAULIKA – PŘÍKLADY. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.135 s.
- [2] JAUSCHOWETZ,R. Srdce teplovodního vytápění – hydraulika. Wien: Herz Armaturen Ges.m.b.H.,2004. ISBN: 3-.
- [3] ŠKORPÍK, J. Transformační technologie. VUT v Brně, FSI, Energetický ústav. Brno. ISSN: 1804-8293. Dostupný také z: <<https://www.transformacni-technologie.cz/o-strankach.html#issn>>
- [4] SCHAUER, P. HYDRODYNAMIKA [online]. Fyzika.fce.vutbr. 2016. [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <http://fyzika.fce.vutbr.cz/doc/vyuka_schauer/hydrodynamika.pdf>.
- [5] Laminární proudění a Reynoldsovo číslo [online]. iPotrubí. 5. února 2015 [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <<https://www.ipotrubí.cz/clanky/6.-hydrodynamicke-a-termodynamicke-vypocty/2.-vypocet-tlakovych-ztrat/1.-laminarni-proudeni-a-reynoldsovo-cislo.html>>.
- [6] Rovnice kontinuity [online]. WikiSkripta. 16. listopadu 2019 [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Rovnice_kontinuity>.
- [7] Reichl, J., VŠETIČKA, M. Kapilarita [online]. Fyzika.jreichl. © 2006–2020 [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/643-kapilarita>>.
- [8] Příspěvatelé Wikipedia. Viskozita. cs.wikipedia.org. Datum poslední revize 25. listopadu 2020 [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Viskozita>>.
- [9] Příspěvatelé WikiSkript. Biomechanika kapalin [online]. Wikiskripta. Datum poslední revize 18. června 2018. [cit. 28. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Biomechanika_kapalin&oldid=407243>.
- [10] Hydrodynamika [online]. 29. ledna 2004 [cit. 2020-28-12]. Radek.jandora.sweb. Dostupné z: <<http://radek.jandora.sweb.cz/f06.htm>>.
- [11] Dynamický tlak tekutin [online]. If.vsb.cz. 19. února 2018 [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <<http://if.vsb.cz/bf/37.html>>.
- [12] BAŠTA, J., Regulační armatury – teoretická základna (I) [online]. Tzb info. 12. října 2004 [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <<https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/2181-regulacni-armatury-teoreticka-zakladna-i>>.

- [13] BAŠTA, J., Regulační armatury – teoretická základna (II) [online]. Tzb info. 19. října 2004 [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <<https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/2198-regulacni-armatury-teoreticka-zakladna-ii>>.
- [14] Místní tlakové ztráty [online]. 5. února 2015 [cit. 20-28-12]. Iportubi. Dostupné z: <<https://www.ipotrubi.cz/clanky/6.-hydrodynamicke-a-termodynamicke-vypocty/2.-vypocet-tlakovych-ztrat/3.-mistni-tlakove-ztraty.html>>.
- [15] Příspěvatelé Wikipedia. Bernoulliho rovnice [online]. cs.wikipedia.org. 26. srpna 2008 [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bernoulliho_rovnice>.
- [16] Hydraulika pro 21. století [online]. CENTROTHERM. 2. ledna 2010 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <http://www.usporyteplaets.cz/new_page_80.htm>.
- [17] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [online]. Tzb info. Datum poslední revize 28. prosince 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>>.
- [18] ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: Český normalizační institut, říjen 2011.
- [19] KOLÁŘ, R., BH10 – Tepelná technika budov. Výpočet součinitele prostupu tepla oken U_w [online]. 6. března 2019 [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/PST/gabrova.l/bh059/03b_2019.pdf>.
- [20] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. Praha. Český normalizační institut, duben 2005.
- [21] POČINKOVÁ, M., BT01 – TZB II – cvičení – Návrh otopných těles [online]. Fce.vutbr.cz. 31. října 2013 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapani_soubory/BT01_C4.pdf>.
- [22] ČSN 06 1101. Otopná tělesa pro ústřední vytápění. Praha. Český normalizační institut, 2005.
- [23] Katalogový list – RADIK VKM8 – Univerzální deskové otopné těleso [online]. Korado. Datum poslední revize říjen 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.korado.cz/common/downloads/radik-vkm8-univerzalni-deskove-otopne-teleso.pdf>>.

- [24] Katalogový list – KORALUX: trubková otopná tělesa [online]. Korado. Červenec 2017 [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <<https://www.korado.cz/common/downloads/koralux-trubkova-otopna-telesa.pdf>>.
- [25] Katalogový list – KORALINE – nový katalog [online]. Korado. Únor 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.korado.cz/common/downloads/koraline-novy-katalog.pdf>>.
- [26] Katalogový list – Herz – Pipefix, Pipefix Gas – systémy rozvodů: vytápění, chlazení, pitné vody a plynu [online]. 22. srpna 2018 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/data/article/images/111/herz_katalog_pipefix_pipefixgas_web_cz.pdf>.
- [27] POSPÍŠIL, P., Kompenzace délkových změn potrubí [online]. 2015 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://docplayer.cz/8392671-Kompenzace-delkovych-zmen-potrubni.html>>.
- [28] POČINKOVÁ, M., BT01 – TZB II – cvičení – Dimenzování otopné soustavy [online]. Fce.vutbr.cz. 31. října 2012 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_C7.pdf>.
- [29] Postup výpočtu teplovodní dvoutrubkové otopné soustavy [online]. Tzb.fsv.cvut.cz. 16. října 2013 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/91/5_otopne-soustavy/dimenzovani_dvoutrubky.pdf>.
- [30] BAŠTA, J., Podlahové vytápění (III) – Projektování – výpočet [online]. Tzbinfo. 7.srpna 2006 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://vytapeni.tzbinfo.cz/podlahove-vytapeni/3449-podlahove-vytapeni-iii>>.
- [31] Katalogový list – KORATHERM – designová otopná tělesa [online]. Korado. Říjen 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.korado.cz/common/downloads/koratherm-designova-otopna-telesa.pdf>>.
- [32] ČSN EN 12831–3 (06 0206) Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3.
- [33] ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování.

- [34] DZD – Nepřímotopný zásobník OKC NTR/HP [online]. Dzd.cz. © 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/neprimotopne-zasobniky/stacionarni/okc-ntr-hp#ke-stazeni>>.
- [35] DZD – Elektrická topná jednotka R, SE [online]. Dzd.cz. © 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/neprimotopne-zasobniky/stacionarni/okc-ntr-hp#ke-stazeni>>.
- [36] ČSN EN 15665 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov. Úřad pro normalizaci, měření a státní zkušebnictví. Praha 2009.
- [37] Systemair – Návrhový program [online]. Systemair, a.s. [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.systemair.com/cz/navrhovy-program/>>.
- [38] Systemair – Katalogový list – ohřivače VBR [online]. [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://shop.systemair.com/upload/assets/N_VOD_VBR_CZ_2012.PDF>.
- [39] IVAR CS – komponenty pro vodu, vytápění, plyn a čerpadla [online]. © IVAR CS spol. s r. o., 2019, [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.ivarcs.cz>>.
- [40] Caleffi – vytápění [online]. Caleffi Hydronic Solutions. ©1961-2016 Caleffi S.p.a. [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.caleffi.com/czech-republic/cs/catalogue/dvoucestny-zonovy-ventil-s-napojenim-na-termoelektricky-pohon-serie-6563-6561-6562-6564>>.
- [41] Katalogový list – ESBE [online]. 01. června 2018 [cit. 28-12-2020]. ESBE. Dostupné z: <<https://www.esbe.cz/assets/Uploads/ESBE-katalog-2018.pdf>>
- [42] Katalogový list – Herz – rozdělovače podlahového vytápění mosaz [online]. Herz. 23. července 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/data/product/images/1452/tl_1853xyy-sada-rozdelovac-sberac_cz_web.pdf>.
- [43] Katalogový list – Herz – KK modul pro rozdělovače připojení šroubení [online]. Herz. 23. července 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/data/product/images/3559/tl_122xx-x3_kk-pro-rozdelovace.pdf>.
- [44] Katalogový list – Herz – Regulační a uzavírací ventily [online]. Herz. 23. července 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/data/product/images/2162/tl_1-4217-xx_stromax-4217-gm_cz_web.pdf>.

- [45] KOBOLD - produkty – regulátor průtoku [online]. Datum poslední revize 7. prosince 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.kobold.com/uploads/files/reg-cs-prislusenstvi.pdf>>.
- [46] Grundfos – výrobky a služby [online]. © Copyright Grundfos Holding A/S 2010 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://product-selection.grundfos.com/za>>.
- [47] ČSN EN 15 450 Tepelné soustavy v budovách – Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly 1. listopad 2011
- [48] Tepelná čerpadla – vzduch/voda [online]. Dimplex.de. [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<http://www.dimplex.de/cz/tepelne-cerpadlo/vzduchvoda/venkovni-instalace/la-60tur.html>>.
- [49] Katalogový list – BOSCH [online]. BOSCH. 28. května 2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o450140v272_8_prospekt_elektro.pdf>.
- [50] Regulus – Produkty [online]. © Copyright Regulus s r.o. 2015-2020 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-ps-1100-e>>.
- [51] Katalogový list – Kombinovaný rozdělovač se sběračem: RS KOMBI, RS MINI a RS UNIVERSAL. In: ETL – Ekotherm® a.s. [online katalogový list]. [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://www.etl.cz/prilohy/ETL_407_2012%2001.pdf>.
- [52] ČSN 06 0830 Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení. 2014.
- [53] Regulus – Úsporné řešení pro vaše topení. [online]. © Copyright Regulus s r.o. 2015-2019 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://www.regulus.cz>>.
- [54] Vyhláška č. 193/2007 Sb. kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu. 2007.
- [55] ČEJKA, M., Energetické standardy budov – NZEB [online]. Tzbinfo. [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/350-energeticke-standardy-budov-nzeb>>.
- [56] Kritéria NZEB a data platnosti požadavků [online]. Tzbinfo. [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <<https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/363-kriteria-nzeb-a-data-platnosti-pozadavku>>.
- [57] Mainsteel řezák na potrubí 10-60 mm 60952214. Koupelnové a topenářské vybavení levně | vodateplo.cz [online]. Copyright © 2020, Vodateplo.cz [cit.

- 28-12-2020]. Dostupné z: <https://www.vodateplo.cz/mainsteel-rezak-na-potrubi-10-60-mm-60952214>
- [58] DYTRON DYNO 42, Nůžky na plast do 42mm - Na plast a plastohliník - Nůžky - Nipo Tools s.r.o. NIPO – Nipo Tools s.r.o. [online]. Copyright © 2020 Smart Soft [cit. 31.12.2020]. Dostupné z: <https://www.nipo.cz/dytron-dyno-42-nuzky-na-plast-akce-P2065/>
- [59] NÁGLOVÁ, M., Tlakové ztráty armatur otopných soustav. Brno, 2017. 271 s., 42 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
- [60] Projekční podklady a pomůcky – Tepelná bilance objektu – denostupňová metoda [online]. ČVUT. [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=1>.
- [61] RUBINOVÁ, O., RUBINA, A., Tepelná ztráta větráním a zpětné získávání tepla [online]. 9. ledna 2006 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/2988-tepelna-ztrata-vetranim-a-zpetne-ziskavani-tepla>.
- [62] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody [online]. Tzbinfo. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2019 [cit. 28-12-2020]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>.

POUŽITÉ ZKRATKY

ZKRATKY

AOV – automatický odvzdušňovací ventil

Č – čerpadlo EN – expanzní nádoba

MaR – měření a regulace

NP – nadzemní podlaží

OT – otopné těleso

PV – pojistný ventil/ podlahové vytápění

RV – regulační ventil

TSV – trojcestný směšovací ventil

TH – termostatická hlavice

VZT – vzduchotechnika

ZK – zpětná klapka

ZTI – zdravotně technické instalace

ZRV – zónový regulační ventil

VV – vyvažovací ventil

KK – kulový kohout

TPV-trojcestný přepínací ventil

VK – vypouštěcí kohout

TV – teplá voda

F – filtr

DN – dimenze

ZZT – zpětné získávání tepla

m.n.m. – metrů nad mořem

FYZIKÁLNÍ VELIČINY

A – plocha

B' – charakteristický parametr

b – korekční činitel

c – měrná tepelná kapacita
d – průměr
e – korekční činitel/stínící činitel
f – teplotní součinitel/opravný součinitel
G – korekční činitel
g – gravitační zrychlení
h – výška
L – rozteč
l – obvod
k – součinitel drsnosti
K – modul objemové pružnosti
 $k_v(C_{vs}, A_{vs})$ – průtokový součinitel
l – délka
M – hmotnostní průtok
m – charakteristické číslo podlahy/ hmotnost
n – intenzita výměny vzduchu/teplotní exponent
O – obvod/objem místnosti
P – obvod
 P_v – autorita ventilu
p – tlak
Pr — Prandtlovo číslo
Q – výkon/hmotnostní průtok
q – měrná veličina/objemový průtok
R – tepelný odpor
r – šířka okraje
 Re – Reynoldsovo číslo
S – plocha
t – teplota
T – termodynamická teplota

U – součinitel prostupu tepla
V – objem
v – zvětšení objemu
w – rychlost proudění
 α – výtokový součinitel/součinitel přestupu tepla/sklon
 β – součinitel roztažnosti
 δ – objemová stlačitelnost
v – viskozita
 η – účinnost
 ξ – součinitel místního odporu
 ε – výškový činitel
 λ – tepelná vodivost/součinitel třecí ztráty
 ρ – hustota
 μ – dynamická viskozita
 Δ – rozdíl
 ψ – lineární činitel prostupu tepla
 Φ – tepelná ztráta
 τ – časová konstanta budovy
 θ – teplota

INDEXY

50 – rozdíl tlaků 50 Pa
A – armatur
c – celkový
č – čerpadlo
e – exteriér/za tepla
equiv – ekvivalentní
em – průměrná exteriérová
EN – expanzní nádoba
ef – efektivní

f – rám
g – sklo
HL – celkový
i – interiér
int – interiér
inf – infiltrace
k – konstrukční
kc – korigovaný součinitel
m – průměrná/střední
max – maximální
mech – mechanická
min – minimální
N – normové
p – pojistný
PV – pojistný ventil
ref – referenční
MR – manometrická rovina
s – statická/přestup tepla
skut – skutečný
su – přiváděný
u – nevytápěný
V – větrání
VZT – vzduchotechnika
w – voda
zař – zařízení
zhuš. – zhuštěné
ZT – tření
ZZT – zpětné získávání tepla
 λ – tření

SEZNAM OBÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

OBRÁZKY

Obrázek 1 - Vliv teploty na hustotu vody [1]	18
Obrázek 2 - Kapilární elevace (vlevo) vody a kapilární deprese rtuti (vpravo) [1]	22
Obrázek 3 - Rozšíření potrubí – rovnice kontinuity [6].....	26
Obrázek 4 - Rozšíření potrubí - Bernoulliho rovnice [15].....	27
Obrázek 5 - Průběh rychlosti laminárního proudění v trubce [5]	29
Obrázek 6 - Rychlostní profil laminárního a turbulentního proudění [5]	30
Obrázek 7 - Přechod laminárního proudění do turbulentního [3].....	31
Obrázek 8 - Moodyho diagram [1]	33
Obrázek 9 - Náhlé rozšíření potrubí [14].....	36
Obrázek 10 - -Náhlé rozšíření potrubí - Závislost součinitele místních odporů na poměru ploch [1].....	37
Obrázek 11 - Náhlé zúžení potrubí [14].....	37
Obrázek 12 - Náhlé zúžení potrubí - Závislost součinitele místních odporů poměru ploch [1].....	38
Obrázek 13 - Kónické rozšíření [14]	38
Obrázek 14 - Závislost součinitele místních odporů na úhlu kónického rozšíření [1]	38
Obrázek 15 - Kónické zúžení [1]	39
Obrázek 16 - Závislost součinitele místních odporů na úhlu kónického zúžení [1].	39
Obrázek 17 - Ostré koleno potrubí [14].....	39
Obrázek 18 - Hodnoty součinitele místních odporů pro změnu směrů a ohyby [1]	40
Obrázek 19 - Závislost součinitele místních odporů na poměru tloušťky potrubí a poloměru [1]	40
Obrázek 20 - Grafické znázornění tlakové ztráty regulační armatury podle průtoku [16].....	41
Obrázek 21 - Závislost průtokového součinitele na procentuálním zdvihu kuželky [13].....	43
Obrázek 22 - Technické údaje pro otopné těleso RADIK VKM8 [23]	77
Obrázek 23 - Technické údaje pro otopné těleso RADIK VKM8 [23]	78
Obrázek 24 - Technické údaje pro otopné těleso RADIK VKM8 [23]	79
Obrázek 25 - Technické údaje pro trubkové otopné těleso KORALUX [24].....	80
Obrázek 26 - Technické údaje pro trubkové otopné těleso KORALUX [24].....	81
Obrázek 27 - Technické údaje pro otopné lavice KORALINE LD [25]	82
Obrázek 28 - Smršťování/prodloužení trubky podle rozdílu mezi teplotou provozní a montážní	84

Obrázek 29 - Grafické znázornění pro zjištění délkové roztažnosti plastohliníkového potrubí Herz	85
Obrázek 30 - Grafické znázornění pro zjištění délky dilatačního ramene u plastohliníkového potrubí Herz	85
Obrázek 31 - Tabulka pro zjištění rozestupů mezi upevňovacími body.....	86
Obrázek 32 - Graf pro zjištění prodloužení měděné trubky.....	86
Obrázek 33 - Technické údaje pro trubkové otopné těleso KORATHERM AQUAPANEL [31]	99
Obrázek 34 - Technické údaje pro trubkové otopné těleso KORATHERM AQUAPANEL [31]	100
Obrázek 35 - Technické údaje zásobníkové ohříváče OKC 500 NTR/HP [34].....	108
Obrázek 36 - Technické údaje topné jednotky REU 18 - 2,5 [35]	109
Obrázek 37 - Výpočet pro ohříváč ZZT - pouze inspirativní [37]	110
Obrázek 38 - Vodní ohříváč vzduchu VBR 100-50-2 [38].....	111
Obrázek 39 - Technické údaje ventilu Kompakt pro tělesa VK [23]	124
Obrázek 40 - Technické údaje dvojitého rohového uzavíracího šroubení IVAR [39]	125
Obrázek 41 - Technické údaje dvojitého přímého uzavíracího šroubení IVAR [39]	126
Obrázek 42 - Technické údaje uzavíracího šroubení IVAR – charakteristika [39]..	127
Obrázek 43 - Technické údaje uzavíracího šroubení IVAR [39].....	128
Obrázek 44 - Technické údaje přípojovací HM armatury [24].....	129
Obrázek 45 - Technické údaje přípojovací HM armatury – charakteristika [24]....	130
Obrázek 46 - Technické údaje axiálního termostatického ventilu pro otopnou lavici KORALINE LD [25]	131
Obrázek 47 - Technické údaje otopné lavice KORALINE LD – tlakové ztráty [25]..	132
Obrázek 48 - Technické údaje zónového regulačního ventilu Caleffi [40]	133
Obrázek 49 - Technické údaje trojcestného směšovacího ventilu ESBE [41].....	134
Obrázek 50 - Technické údaje přepínacího ventilu ESBE [41]	135
Obrázek 51 - Technické údaje podlahového rozdělovače a sběrače Herz [42].....	136
Obrázek 52 - Technické údaje podlahového rozdělovače a sběrače Herz – charakteristika [42]	137
Obrázek 53 - Technické údaje kulového kohoutu Herz [43]	138
Obrázek 54 - Technické údaje regulačního ventilu STRÖMAX-GM [44].....	139
Obrázek 55 - Technické údaje regulačního ventilu STRÖMAX-GM – charakteristika DN15 [44].....	140
Obrázek 56 - Technické údaje regulačního ventilu STRÖMAX-GM – charakteristika DN20 [44].....	141
Obrázek 57 - Technické údaje regulačního ventilu STRÖMAX-GM KVS hodnoty [44]	142

Obrázek 58 - Technické údaje regulačního ventilu STRÖMAX-GM – KVS hodnoty [44]	143
Obrázek 59 - Technické údaje regulátoru průtoku KOBOLD [45]	144
Obrázek 60 - Charakteristika čerpadla Č1 - Varianta 1 [46]	148
Obrázek 61 - Charakteristika čerpadla Č2 - Varianta 1 [46]	149
Obrázek 62 - Charakteristika čerpadla Č3 - Varianta 1 [46]	150
Obrázek 63 - Charakteristika čerpadla Č4 - Varianta 1 [46]	151
Obrázek 64 - Charakteristika čerpadla Č5 - Varianta 1 [46]	152
Obrázek 65 - Charakteristika čerpadla Č6 - Varianta 1 [46]	153
Obrázek 66 - Charakteristika čerpadla Č1 - Varianta 2 [46]	154
Obrázek 67 - Charakteristika čerpadla Č2 - Varianta 2 [46]	155
Obrázek 68 - Charakteristika čerpadla Č3 - Varianta 2 [46]	156
Obrázek 69 - Charakteristika čerpadla Č4 - Varianta 2 [46]	157
Obrázek 70 - Charakteristika čerpadla Č5 - Varianta 2 [46]	158
Obrázek 71 - Charakteristika čerpadla Č6 - Varianta 2 [46]	159
Obrázek 72 - Charakteristika čerpadla Č7 - Varianta 2 [46]	160
Obrázek 73 - Technické údaje tepelného čerpadla Dimplex LA 60TUR+ [48]	165
Obrázek 74 - Technické údaje tepelného čerpadla LA 40TU [48]	166
Obrázek 75 - Technické údaje elektrického kotle BOSCH Tronic Heat 3000 [49]	167
Obrázek 76 - Technický list akumulční nádrže Regulus PS 1100 E [50]	168
Obrázek 77 - Technický list rozdělovače a sběrače ETL RS KOMBI [51]	170
Obrázek 78 - Technické údaje tlakové expanzní nádoby Reflex [53]	176
Obrázek 79 - Technické údaje pojistného ventilu IVAR.PV.KD [39]	178
Obrázek 80 - Výpočet potřeby tepla pro vytápění a přípravu TV	181
Obrázek 81 - Složení trubky PE-RT/AL/PE-RT	200
Obrázek 82 - Nůžky na potrubí [58]	200
Obrázek 83 - Řezák na potrubí [57]	200
Obrázek 84 - Kalibrátor s výsuvným trnem	201
Obrázek 85 - O kroužky pro těsnění	201
Obrázek 86 - Lisovací objímka s plastovým kroužkem	202
Obrázek 87 - Kleště pro lisování	202
Obrázek 88 - Usazení fitinky do kleští	202
Obrázek 89 - Tvar fitinky po zalisování	203
Obrázek 90 - Schéma modelového potrubí	205
Obrázek 91 - Ústředna ALMEMO 2890-9	207
Obrázek 92 - Třístupňové oběhové čerpadlo DAB	207
Obrázek 93 - Čidlo pro měření teploty otopné vody	208
Obrázek 94 - Čidla pro měření tlaku na začátku a konci okruhu	208
Obrázek 95 - Vyvažovací ventil pro změnu průtoku	209

Obrázek 96 - Plynový kotel pro ohřev otopné vody na požadovanou teplotu	209
Obrázek 97 - Šedé potrubí focené v laboratoři	211
Obrázek 98 - Modré potrubí focené v laboratoři	217
Obrázek 99 - Grafické znázornění průběhu tlakových ztrát kulového kohoutu DN25 při plném otevření [59].....	223
Obrázek 100 - Hodnoty součinitelů místních odporů pro tvarovky od firmy Herz [26]	225
Obrázek 101 - Porovnání 2 typů fitinek.....	227
Obrázek 102 - Porovnání 2 typů fitinek - světlosti potrubí.....	228

TABULKY

Tabulka 1 - Závislosti průtokových součinitelů [12]	43
Tabulka 2 - Hodnoty R_{SI} podle směru šíření tepla	49
Tabulka 3 - Posouzení součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na doporučené hodnoty.....	57
Tabulka 4 - Hodnoty korekčního součinitele pro typy budov	59
Tabulka 5 - Hodnoty vyjadřující intenzity výměny vzduchu	62
Tabulka 6 - Hodnoty stínícího součinitele	62
Tabulka 7 - Hodnoty výškového korekčního součinitele	63
Tabulka 8 - Výpočet tepelných ztrát objektu	64
Tabulka 9 - Hodnoty teplotního exponentu pro různé druhy otopných ploch	72
Tabulka 10 - Prodloužení měděné trubky.....	87
Tabulka 11 - Součinitel přestupu tepla podle směru tepelného toku	90
Tabulka 12 - Hodnoty součinitele nerovnoměrnosti potřeby teplé vody	101
Tabulka 13 - Výpočet potřeby teplé vody za den – VARIANTA 1	103
Tabulka 14 - Tepelné ztráty cirkulačního potrubí TV	103
Tabulka 15 - Výpočet objemu ohřívače a potřebného výkonu pro TV – VARIANTA 1	103
Tabulka 16 - Procentuální rozdělení potřeby TV během dne.....	106
Tabulka 17 - Soupis oběhových čerpadel pro variantu 1	147
Tabulka 18 - Soupis oběhových čerpadel pro variantu 2	147
Tabulka 19 - Koeficient pro výpočet přípojného výkonu	161
Tabulka 20 - Maximální provozní tlak pro zařízení	173
Tabulka 21 - Určující součinitele prostupu tepla dle DN rozvodů	182
Tabulka 22 - Návrh tepelné izolace pro rozvody potrubí	183
Tabulka 23 – Vypočtené hodnoty součinitele místních odporů pro šedé potrubí	224
Tabulka 24 - Vypočtené hodnoty místních odporů pro modré potrubí.....	224
Tabulka 25 - Procentuální zhodnocení tlakových ztrát třením	226
Tabulka 26 - Porovnání tlakových ztrát pro šedé a modré potrubí.....	233

Tabulka 27 - Porovnání tlakových ztrát třením pro šedé a modré potrubí	233
Tabulka 28 - Tabulka s hodnotami tlakových ztrát pro provozní rychlosti používané pro vytápění.....	234

GRAFY

Graf 1 - Křivka odběrů a dodávek tepla	106
Graf 2 - Graf určující bod bivalence tepelného čerpadla - VARIANTA 1	162
Graf 3 - Graf určující bod bivalence tepelného čerpadla - VARIANTA 2	163

PŘÍLOHY

ČÍSLO VÝKRESU	NÁZEV VÝKRESU	MĚŘÍTKO
D.1.4.2-01	PŮDORYS 1.NP – VARIANTA 1	1:50
D.1.4.2-02	PŮDORYS 2.NP – VARIANTA 1	1:50
D.1.4.2-03	SCHÉM ZAPOJENÍ OTOPNÝCH TĚLES – VARIANTA 1	1:50
D.1.4.2-04	PŮDORYS 1.NP – VARIANTA 2	1:50
D.1.4.2-05	PŮDORYS 2.NP – VARIANTA 2	1:50
D.1.4.2-06	PŮDORYS 1.NP – HLAVNÍ ROZVODY VARIANTY 2	1:50
D.1.4.2-07	SCHÉMA TECHNICKÉ MÍSTNOSTI – VARIANTA 1	1:20
D.1.4.2-08	SCHÉMA TECHNICKÉ MÍSTNOSTI – VARIANTA 2	1:20